

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Monitorování emisí plyných škodlivin ze spalovacích zdrojů

**Emission Monitoring of Gaseous Pollutants from Combustion
Sources**

Student:

Jiří Palička

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Palička**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí**
Téma: **Monitorování emisí plyných škodlivin ze spalovacích zdrojů**
Emission Monitoring of Gaseous Pollutants from Combustion Sources

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat:

- 1) Studie zaměřená na legislativu v oblasti ochrany ovzduší týkající se spalovacích zdrojů.
- 2) Možnosti kontinuálního monitorování emisí plyných škodlivin.
- 3) Popis a princip extraktivního nezředňovacího systému kontinuální analýzy spalín.
- 4) Praktické aplikace kontinuálního monitoringu vybraných spalovacích zdrojů.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] RAJNIAK I.: Tepelno energetické a emisné merania. Bratislava 1997, ISBN 80-88683-20-3.
- [2] SERBOUSEK A.: Přístrojová technika pro měření čistoty ovzduší. VŠB 1992, ISBN 80-7078-136-x.
- [3] BARTOVSKÝ T.: Analyzátory emisí. VUSTE Servis s.p., Praha, 1994.
- [4] Zákon MŽP ČR č.201/2012 Sb. O ochraně ovzduší.
- [5] Vyhláška MŽP ČR č.415/2012 Sb. O přípustné úrovni znečištění a jejím zjišťování.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Výtisk, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě18.5.2015.....

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18.5.2015



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Palička

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Spádová 829, Bohumín - Šunychl

Anotace bakalářské práce

PALIČKA, J. *Monitorování emisí plyných škodlivin ze spalovacích zdrojů: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2015, 55 s. Vedoucí práce: Výtisk, T.

Bakalářská práce se zabývá monitorováním emisí plyných škodlivin ze spalovacích zdrojů. Úvodní část práce se věnuje studii legislativy ochrany ovzduší a jejím nástrojům. Další část rozebírá jednotlivé systémy kontinuálního monitoringu. Zde je největší důraz kladen na systém extraktivní nezředovací, jelikož se jedná o nejpoužívanější systém v ČR. Po důkladné studii jednotlivých monitorovacích systémů následuje poslední část, která se zabývá praktickou ukázkou jednotlivých systémů ve vybraných podnicích. Jsou zde také obsaženy přepočty naměřených hodnot a jejich srovnání s emisními limity.

Anotation of bachelor thesis

PALIČKA, J. *Emission Monitoring of Gaseous Pollutants from Combustion sources: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energy Engineering, 2015, 55 p. Thesis head: Výtisk, T.

Bachelor thesis deals with the emission monitoring of gaseous pollutants from combustion sources. The introductory part of the thesis is devoted to study legislation of air protection and its tools. Another part discusses the individual systems of continuous monitoring. The biggest emphasis here is on extractive undilution system, because it is the most widely used monitoring system in the Czech Republic. After a thorough study of the individual monitoring systems follows the last part, which deals with the practical demonstration of certain systems in the selected companies. It also includes conversion of the measured values and their comparison with the emission limits.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| Seznam použitých zkratk | 7 |
| 1. Úvod | 8 |
| 2. Legislativa – předpisy v oblasti ochrany ovzduší | 9 |
| 2.1 Zákon o ochraně ovzduší (201/2012 Sb.) | 10 |
| 2.1.1 Základní pojmy v ochraně ovzduší a přípustná úroveň znečištění | 10 |
| 2.1.2 Cíle zákona o ochraně ovzduší | 11 |
| 2.1.3 Povinnosti osob a provozovatelů stacionárních zdrojů | 12 |
| 2.1.4 Zdroje znečišťování a jejich rozdělení | 13 |
| 2.1.5 Přípustná úroveň znečišťování, zjišťování a vyhodnocování | 14 |
| 2.1.6 Poplatky za znečišťování | 15 |
| 2.2 Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší (415/2012 Sb.) | 16 |
| 2.2.1 Základní pojmy | 16 |
| 2.2.2 Kontinuální měření emisí | 17 |
| 3. Možnosti kontinuálního monitorování emisí plyných škodlivin | 20 |
| 3.1 Systémy kontinuální analýzy spalin | 21 |
| 3.1.1 Nezředovací extraktivní systém | 22 |
| 3.1.2 Zředovací extraktivní systém – suchý | 23 |
| 3.1.3 Zředovací extraktivní systém – vlhký | 24 |
| 3.1.4 Systémy in-situ | 25 |
| 3.2 Hlavní prvky systému na úpravu vzorku | 27 |
| 4. Koncentrace plyných složek spalin – kontrolní výpočty | 32 |
| 5. Kontinuální monitoring v praxi | 36 |
| 5.1 Elektrárna Třebovice | 36 |
| 5.1.2 Přepočet naměřených koncentrací | 39 |
| 5.2 DEZA, a.s. – teplárna | 41 |
| 5.2.1 Přepočet naměřených koncentrací | 42 |
| 5.3 DEZA, a.s. – dopalovna | 44 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| 6. Závěr | 46 |
| Poděkování | 47 |
| Seznam použitých pramenů | 48 |
| Seznam obrázků | 49 |
| Seznam tabulek | 50 |
| Seznam příloh | 50 |
| Přílohy | 51 |

Seznam použitých zkratk

| | |
|------|---|
| EL | emisní limit |
| JTP | jmenovitý tepelný příkon |
| KEMS | kontinuální emisní monitorovací systémy |
| NDUV | nedisperzní UV analyzátor |
| NP | normální podmínky |
| OEL | obecné emisní limity |
| ppm | dílů na jeden milion (parts per milion) |
| PÚZ | přípustná úroveň znečišťování |
| SEL | specifické emisní limity |
| TZL | tuhé znečišťující látky |
| ZL | znečišťující látka |

1. Úvod

Dle definice zákona je životní prostředí souhrnem všech činitelů, vytvářející přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Mezi jeho složky se řadí zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie. Jednou z nejdůležitějších složek pro člověka je ovzduší, které potřebuje pro svou existenci. Vzduch, jenž vdechujeme, se dostává do lidského těla se vším, co obsahuje a tím působí na naše zdraví. Právě účinky na zdraví jsou jedním z důvodů, proč je kvalita ovzduší věnována velká pozornost a to jak na národní úrovni, tak i na evropské a celosvětové.

Do devadesátých let 20. století patřila kvalita ovzduší v některých regionech ČR k nejhorším na světě. Poté se, vlivem vznikajících legislativních opatření, začalo investovat mnoho finančních prostředků do snížení emisí, což vedlo k značnému zlepšení kvality ovzduší. Po roce 2000 došlo k rozvoji průmyslu a nárůstu dopravy, což vedlo k opětovnému zhoršování kvality ovzduší v ČR. V roce 2007 Ministerstvo životního prostředí zpracovalo pokyny pro vypracování Národních programů ke snižování emisí ČR, které obsahují klíčová opatření, jež přispějí k ochraně životního prostředí a zdraví lidí. Tyto programy jsou povinni akceptovat všichni provozovatelé zdrojů znečišťování. Na kvalitě ovzduší se ale také negativně podílí nezodpovědné chování lidí, kteří v domácnostech k topení používají nekvalitní paliva a vypouští tak do ovzduší nebezpečné látky. V současné době představuje největší problém jemný prach.

Účelem emisního měření je stanovení koncentrace nebo množství znečišťujících látek, které jsou vypouštěny do ovzduší ze spalovacích, technologických nebo jiných procesů. Znečišťující látky můžeme definovat následovně: jedná se o tuhé, kapalné a plynné látky, které přímo, nebo po chemické resp. fyzikální změně v ovzduší, či v působení s jinou látkou, nepříznivě ovlivňují ovzduší. V technické praxi jde o měření koncentrace znečišťujících látek a v případě potřeby o stanovení jejich množství. Při porovnání s jinými druhy měření (měření teploty, tlaku apod.) mají emisní měření kratší historii. Pro znečišťování ovzduší v průmyslově vyspělých krajinách je typické, že k největšímu znečišťování dochází v důsledku vypouštění oxidů síry (SO_x), oxidů dusíku (NO_x), oxidu uhelnatého (CO) a tuhých znečišťujících látek ze spalovacích a technologických procesů. Dále také dochází k znečišťování v důsledku trvalého rozvoje různých způsobů dopravy, což je spojeno se spalováním uhlovodíkových paliv a manipulací s nimi. [1]

2. Legislativa – předpisy v oblasti ochrany ovzduší

Tato kapitola obsahuje souhrn právních předpisů, které tvoří legislativu v oblasti ochrany životního prostředí. Jedná se pouze o orientační shrnutí. Tyto právní předpisy jsou rozděleny do tří základních kategorií, kterými jsou zákony, vyhlášky a nařízení. Všechna úplná pracovní znění jsou pravidelně aktualizována v návaznosti na přijímané novely.

Zákony

201/2012 Sb., Zákon o ochraně ovzduší (změna 64/2014 Sb., 87/2014 Sb.)

Vyhlášky

312/2012 Sb., Vyhláška o stanovení požadavků na kvalitu paliv používaných pro vnitrozemská a námořní plavidla z hlediska ochrany ovzduší.

330/2012 Sb., Vyhláška o způsobu posuzování vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích.

415/2012 Sb., Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

Nařízení vlády

351/2012 Sb., Nařízení vlády o kritériích udržitelnosti paliv.

56/2013 Sb., Nařízení vlády o stanovení pravidel pro zařazení silničních motorových vozidel do emisních kategorií a o emisních plaketách.

2.1 Zákon o ochraně ovzduší (201/2012 Sb.)

V následujících kapitolách se nachází bližší seznámení se zákonem č. **201/2012 Sb.** Tento zákon vešel v platnost dne 13.6.2012 a nahradil zákon č. **86/2002 Sb.** a zrušil prakticky všechny prováděcí předpisy podle zákona č. **86/2002 Sb.**

Zákon je složen z 9 částí:

- Úvodní ustanovení
- Znečištění a znečišťování
- Nástroje ke snižování úrovně znečištění a znečišťování
- Povinnosti osob a kritéria udržitelnosti biopaliv
- Opatření k nápravě a správní delikty
- Výkon státní správy a činnosti na podporu výkonu
- Přechodné režimy pro spalovací stacionární zdroje
- Společná, přechodná a zrušovací ustanovení
- Účinnost

Dále se skládá z několika příloh.

2.1.1 Základní pojmy v ochraně ovzduší a přípustná úroveň znečištění [2]

Tato kapitola obsahuje zákonem definované pojmy (dle § 2), týkající se ochrany ovzduší. Znalost těchto pojmů je důležitá pro pochopení dané problematiky. Tyto pojmy jsou vytaženy z rozsáhlé kapitoly uvedené v zákoně a jsou zjednodušeně formulovány pro oblast spalovacích zdrojů.

Znečišťující látka (ZL) je látka, která může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí, způsobené svou přítomností v ovzduší.

Znečišťování je vnášení znečišťujících látek do ovzduší způsobené lidskou činností. Úroveň znečištění je vyjádřena v jednotkách hmotnosti za jednotku času.

Stacionární zdroj je ucelená technická jednotka nebo činnost, které znečišťují ovzduší nebo by mohly znečišťovat.

Emisní limit je nejvýše přípustné množství znečišťujících látek vnášené do ovzduší ze stacionárního zdroje. Emisní limit bývá obvykle vyjádřen jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech [mg/m^3].

Emisní strop je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vnesené do ovzduší za kalendářní rok.

Imisní limit je nejvýše přípustná úroveň znečištění stanovená zákonem. Imisní limit je vyjádřen v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] při normálních podmínkách (teplotě $T_N = 273,15 \text{ K}$ a tlaku $p_N = 101\,325 \text{ Pa}$).

Palivo je spalitelný materiál, který může být v pevném, tekutém nebo plynném skupenství. Je určen ke spalování za účelem uvolnění energetického obsahu tohoto materiálu.

Přípustná tmavost kouře je nejvyšší přípustný stupeň znečištění ovzduší, vyjádřený zabarvením kouřové vlečky (viz kapitola 2.2.2).

Přípustná úroveň znečišťování je určena hodnotami čtyř parametrů: *emisním limitem, emisním stropem, technickými podmínkami provozu a přípustnou tmavostí kouře*.

2.1.2 Cíle zákona o ochraně ovzduší [3]

Jedním z hlavních cílů zákona o ochraně ovzduší je snaha o snížení znečišťujících látek a následné zlepšení kvality ovzduší. Mezi hlavní cíle dále patří:

- Zajištění kvality ovzduší na takové úrovni, která nebude představovat zdravotní rizika.
- Realizace programových nástrojů – Národní program snižování emisí ČR, programy ke zlepšení kvality.
- Rozšíření aplikace emisních stropů, kvůli dodržení přípustné úrovně znečištění ovzduší.
- Individuální přístup ke zdrojům znečišťování.
- Zpřísnění emisních limitů.
- Kontrola systému poplatků za znečišťování ovzduší.
- Vymezení působnosti zákona pouze na oblast ochrany ovzduší – snížení administrativní zátěže.

2.1.3 Povinnosti osob a provozovatelů stacionárních zdrojů [2]

Každá osoba a každý provozovatel stacionárních zdrojů je povinen dodržovat určitá pravidla, která stanovuje zákon č. 201/2012 Sb., v části čtvrté. Právě jejich plnění je nezbytné pro zlepšení kvality ovzduší. Znalost zákona mezi širokou veřejností je malá a vyskytuje se zde také nezájem o tuto problematiku. Všechny tyto faktory vedou ke zhoršení kvality ovzduší.

Zde jsou shrnuty některé základní povinnosti právnických a fyzických osob tak, jak je definuje zákon:

- uvést na trh lze jen taková paliva, která kvalitativně splňují požadavky stanovené prováděcím předpisem,
- při uvádění stacionárního zdroje (<300 kW) na trh, který slouží jako zdroj tepla pro ústřední vytápění, je povinnost prokázání certifikátem (splnění emisních požadavků),
- lze spalovat v otevřeném ohništi jen chemicky neznečištěné suché rostlinné materiály (obec může pro toto spalování stanovit vyhláškou podmínky nebo jej taky zakázat),
- odpad lze tepelně zpracovat jen v takovém stacionárním zdroji, ve kterém je to povoleno (spalování odpadu lze provést pouze pod dohledem autorizované osoby).

Povinnosti provozovatelů stacionárních zdrojů

Zde jsou pro změnu uvedeny některé ze základních povinností provozovatelů stacionárních zdrojů:

- uvádění do provozu a provozování stacionárního zdroje lze pouze v souladu s podmínkami pro provoz stanovenými tímto zákonem, právními předpisy a výrobcem,
- povinnost dodržování emisních limitů, emisních stropů, technických podmínek provozu a přípustné tmavosti kouře,
- lze spalovat pouze taková paliva, která jsou určena výrobcem stacionárního zdroje a která splňují kvalitativní požadavky,
- provozovatel, jenž provozuje stacionární zdroj (na pevná paliva) o tepelném příkonu od 10 do 300 kW, který je zdrojem tepla teplovodní soustavy ústředního vytápění, je povinen jednou za dva kalendářní roky provést kontrolu tohoto stacionárního zdroje odborně způsobilou osobou.

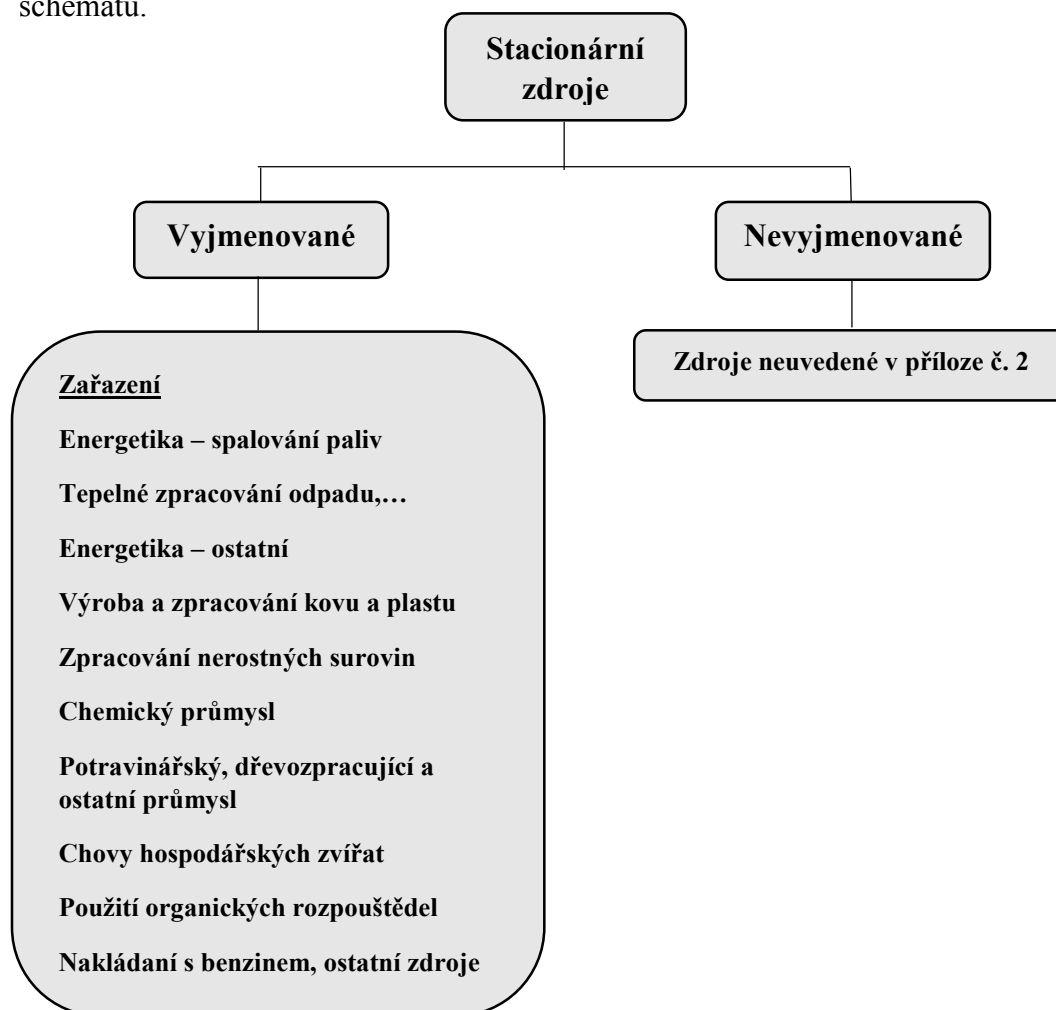
2.1.4 Zdroje znečišťování a jejich rozdělení [2], [4]

Zdroje znečišťování můžeme dle zákona rozdělit na dvě velké základní skupiny.

Mobilní: Jedná se o samohybné či jinak pohyblivé, případně přenosné technické jednotky, které jsou vybavené spalovacím motorem, který slouží k vlastnímu pohonu nebo je nedílnou součástí technologického vybavení (např. motorová vozidla, námořní lodě, stavební stroje apod.)

Stacionární: Jedná se o technicky dále nedělitelnou stacionární technickou jednotku (např. spalovna, samotný kotel apod.), která znečišťuje nebo by mohla znečišťovat. Může se také jednat o činnost (např. skladování prašných surovin, chemické čištění apod.).

Oproti starému zákonu č. 86/2002 Sb., došlo ke zrušení 4 kategorií stacionárních zdrojů (malé, střední, velké, zvláště velké). Aktuální rozdělení je zobrazeno v následujícím schématu.

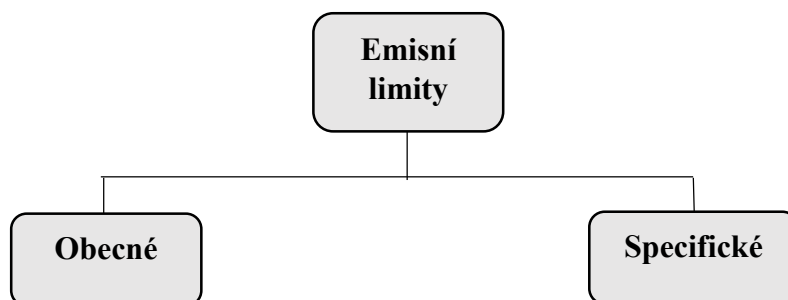


Obr. č. 2.1: Schéma rozdělení stacionárních zdrojů [2]

2.1.5 Přípustná úroveň znečišťování, zjišťování a vyhodnocování [2]

V kapitole 2.1.2 je uvedeno, že přípustná úroveň znečišťování (dále jen PÚZ) je stanovena hodnotami čtyř parametrů (*emisním limitem (EL)*, *emisním stropem*, *technickými podmínkami provozu a přípustnou tmavostí kouře*). Tato kapitola bude vyhrazena pro podmínky týkající se PÚZ, zjišťování a vyhodnocování úrovně znečištění.

Jedním z parametrů je **emisní limit**. Je nutné, aby byly emisní limity dodrženy na každém komínovém průduchu nebo výduchu do ovzduší.



Obr. č. 2.2: Schéma rozdělení emisních limitů [2]

Obecné limity jsou stanoveny vyhláškou č. 415/2012 Sb., **pro znečišťující látky a jejich skupiny**.

Specifické limity jsou stanoveny buď vyhláškou č. 415/2012 Sb., nebo je může stanovit krajský úřad. Stanovují se **pro jednotlivé typy stacionárních zdrojů**.

Je-li pro stacionární zdroj stanoven jeden nebo více emisních limitů nebo emisních stropů, nejsou na něj vztaženy obecné emisní limity. Emisní stropy doplňují emisní limity.

V případě stanovení celkového jmenovitého příkonu se jmenovité tepelné příkony spalovacích stacionárních zdrojů sčítají, pokud jsou označeny stejným kódem dle přílohy č. 2 tohoto zákona a pokud dochází nebo by mohlo docházet ke znečišťování společným výduchem nebo komínem bez ohledu na počet komínových průduchů. Tento odstavec neplatí pro výjimky, stanovené podle § 4 odst. 8.

Posuzování úrovně znečištění je prováděno ministerstvem a to buď stacionárním měřením, výpočtem nebo jejich kombinací.

Měření úrovně znečištění provádí autorizovaná osoba. Měření je prováděno v místě, za kterým už nedochází ke změnám ve složení vypouštěného odpadního plynu do vnějšího okolí.

Jednorázové měření emisí – Provádí se při prvním uvedení stacionárního zdroje znečišťování do provozu, při každé změně paliva a při každém zásahu do konstrukce a vybavení stacionárního zdroje, který by mohl ovlivnit množství znečišťujících látek do ovzduší. Intervaly jednorázového měření jsou stanoveny ve vyhlášce č. 415/2012 Sb. Toto měření je zajišťováno provozovatelem prostřednictvím autorizované osoby.

Kontinuální měření emisí – Provádí se v průběhu celého roku a je zajišťováno provozovatelem zdroje znečištění. Správnost výsledků se ověřuje jednorázovým měřením emisí v pravidelných intervalech jedenkrát ročně. Navíc je provozovatel povinen zajistit jednou za 3 roky kalibraci kontinuálního měření emisí. (*Problematika kontinuálního měření je obsažena v kapitole 2.2.2).*

2.1.6 Poplatky za znečišťování [2]

Pro zvýšení účinnosti dodržování přípustné úrovně znečišťování jsou legislativně zavedeny poplatky za vypouštění škodlivin do ovzduší, které každoročně hradí provozovatelé stacionárních zdrojů. Stacionární zdroj je osvobozen od poplatků pouze tehdy, jestliže celková výše poplatků za poplatkové období jednoho roku **je menší než 50 000 Kč**. Základem poplatku je množství emisí v tunách.

Poplatek je vypočten jako součin základu poplatku a sazby, uvedené v příloze č. 9 zákona o ochraně ovzduší (viz tab. č. 2.1).

| | 2013 až 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 a dále |
|-----------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|
| TZL | 4 200 | 6 300 | 8 400 | 10 500 | 12 600 | 14 700 |
| SO₂ | 1 350 | 2 100 | 2 800 | 3 500 | 4 200 | 4 900 |
| NO_x | 1 100 | 1 700 | 2 200 | 2 800 | 3 300 | 3 900 |
| VOC | 2 700 | 4 200 | 5 600 | 7 000 | 8 400 | 9 800 |

Tabulka č. 2.1: Znečišťující látky, které podléhají zpoplatnění a sazby poplatků za znečišťování v jednotlivých letech (v Kč/t) [2]

2.2 Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší (415/2012 Sb.) [5]

Tato kapitola a navazující podkapitoly se blíže zabývají základní vyhláškou v ochraně ovzduší (415/2012 Sb.), která se týká především *způsoby a podmínkami zjišťování úrovně znečišťování (měřením a výpočtem), jejich intervaly, obecnými a specifickými emisními limity (EL), požadavky na kvalitu paliv, způsoby stanovení počtu provozních hodin* apod.

Vyhláška je složena z 11 částí: - Úvodní ustanovení

- Zjišťování úrovně znečišťování a vyhodnocení plnění EL
- Spalování paliv
- Požadavky na kvalitu paliv
- Tepelné zpracování odpadu
- Nakládání s těkavými organickými látkami
- Ostatní stacionární zdroje
- Obecné EL a obsahové náležitosti dokumentů
- Kompenzační opatření
- Ustanovení přechodná a závěrečná
- Účinnost

Dále se vyhláška skládá z 16 příloh.

2.2.1 Základní pojmy [5]

V této kapitole jsou obsaženy základní pojmy, které jsou důležité pro pochopení dané problematiky. Tyto pojmy jsou definovány vyhláškou č. 415/2012 Sb. (dle § 2).

Biomasa je produkt tvořený z rostlinných materiálů, které pocházejí ze zemědělství nebo lesnictví a který lze použít jako palivo, ze kterého lze získat energetický obsah.

Emisní faktor je měrná výrobní emise, která je typická pro určitou skupinu zdrojů.

Měrná výrobní emise je poměr hmotnosti znečišťující látky vnášené do ovzduší ze stacionárního zdroje a vztažné veličiny (hmotnost paliva, hmotnost jednotek produkce, množství tepla).

2.2.2 Kontinuální měření emisí [2], [5]

Jeden z hlavních rozdílů mezi jednorázovým a kontinuálním měřením je ten, že kontinuální měření je zajišťováno provozovatelem zdroje znečištění, kdežto jednorázové měření zajišťuje autorizovaná firma (viz kapitola 2.1.5). Tato kapitola se podrobněji zabývá kontinuálním měřením.

Kontinuální měření musí provádět:

- spalovací stacionární zdroj o jmenovitém tepelném příkonu >50 MW,
- spalovací stacionární zdroje o celkovém tepelném výkonu >100 MW,
- stacionární zdroj, ve kterém probíhá výroba vápna a cementu,
- stacionární zdroj, ve kterém probíhají činnosti používající organická rozpouštědla,
- stacionární zdroj na výrobu oxidu titaničitého,
- stacionární zdroj, ve kterém je tepelně zpracován odpad.

Dále kontinuální měření musí provádět stacionární zdroj výše neuvedený, který dodržuje emisní limit použitím zařízení k čištění a odlučování znečišťujících látek a jejichž roční hmotností tok při maximálním projektovaném výkonu zdroje a při hmotnostním toku na úrovni emisního limitu přesahuje tyto hodnoty:

| | | | |
|-----------------------|-------------|----------------------------|----------|
| TZL | 200 t/rok | Chlór a jeho slouč. | 4 t/rok |
| SO₂ | 1 000 t/rok | Těkavé org. látky | 10 t/rok |
| NO_x | 200 t/rok | Fluor | 2 t/rok |
| CO | 50 t/rok | Sulfan | 1 t/rok |

Tabulka č. 2.2: Znečišťující látky a jejich minimální limity pro kontinuální monitoring [5]

Podmínky zjišťování úrovně znečišťování

Měření, jeho kalibrace a ověřování správnosti výsledku musí být průkazné a reprezentativní. Musí být zvolena vhodná metoda měření, aby byla zjištěna co nejpřesnější skutečnost o úrovni znečištění. Přístroje musí zajistit měření v rozsahu 10 % až 250 % specifického emisního limitu.

Vyhodnocení kontinuálního měření

Pro vyhodnocení měření emisí je vyhláškou daný postup. Z hodnot, které jsou naměřeny v intervalech delších než 1 minuta se jako aritmetický průměr středních hodnot, které byly zjišťovány po dobu minimálně 20 minut ze sledovaného 30 minutového intervalu, vypočte 30 minutová průměrná hodnota koncentrace znečišťující látky při stanovených podmínkách. Z těchto 30 minutových průměrných koncentrací se vypočte denní průměrná hodnota koncentrace. Zaznamenaná se překročení emisního limitu.

Pro získání validovaných průměrných 30 minutových hodnot se odečte od naměřeného výsledku hodnota intervalu spolehlivosti. Tyto validované průměrné hodnoty se použijí pro vyhodnocení plnění emisních limitů. Pro vyhodnocení měření objemového toku odpadního plynu se použije obdobný postup. Denní výsledky měření emisí jsou uchovávány elektronicky. Vytisknuty jsou v případě, kdy dokumentují překročení emisního limitu.

Vyhodnocení plnění emisních limitů (při kontinuálním měření)

Emisní limit pro spalovací stacionární zdroje (s výjimkou stacionárních spalovacích zdrojů tepelně zpracovávajících odpad) je splněn, jestliže:

- žádná z platných měsíčních průměrných hodnot nepřekročila hodnotu specifického emisního limitu (SEL),
- žádná z platných denních průměrných hodnot nepřekročí 110 % hodnoty SEL (pro spalovací stacionární zdroj o tepelném příkonu do 50 MW spalující pouze černé uhlí nepřekročí 150 % hodnoty SEL),
- žádná z platných 30 minutových průměrných hodnot nepřekročí 200 % hodnoty SEL.

Vyhodnocování plnění emisních limitů (při jednorázovém měření)

Emisní limit se považuje za dodržený, pokud:

- průměr výsledků jednotlivých měření za celé jednorázové měření emisí je menší nebo roven hodnotě EL a současně každá hodnota zjištěná jednotlivým měřením je menší než 120 % emisního limitu.

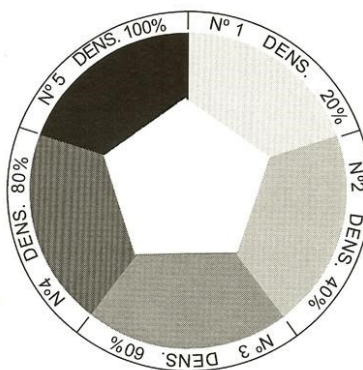
Způsob zjišťování tmavosti kouře

Využívá se tzv. Ringelmannova stupnice (obr. č. 2.3). Je složena z 6 čtvercových polí, které jsou tvořeny pravoúhlou sítí černých čar. Tloušťce a hustotě sítě na bílém podkladě odpovídají následující stupně:

- stupeň 0 => 0 % černé barvy na bílém podkladě
- stupeň 1 => 20 % černé barvy
- stupeň 2 => 40 % černé barvy
- stupeň 3 => 60 % černé barvy
- stupeň 4 => 80 % černé barvy
- stupeň 5 => 100 % černé barvy (tímto stupněm se ověřují optické vlastnosti stupnice, odrazivost světla černé barvy použité k tisku musí být 5 %).

Aby bylo měření platné, musí být dodrženy následující podmínky:

- nelze provádět měření proti slunci, pozadí kouřové vlečky musí tvořit rozptýlené světlo oblohy (během dne),
- směr kouřové vlečky (která vystupuje z komína) a směr pozorování musí tvořit přibližně pravý úhel,
- pozorovatel drží stupnici ve volně natažené paži (jednotlivá pole se slíjí do rozdílných stupňů šedé barvy).



Obr. č. 2.3: Ringelmannova stupnice [6]

Přípustnou tmavost kouře lze považovat za dodrženou, jestliže průměrná tmavost kouře není tmavší než 2. stupeň.

Měření tmavosti kouře je momentálně jediná metoda, kterou lze kontrolovat provoz kotlů v rodinných domech. Je to také jediný uznávaný podklad při projednávání přestupků.

3. Možnosti kontinuálního monitorování emisí plyných škodlivin [1]

Analyzátory, které využívají fyzikální principy měření, se používají na měření koncentrace znečišťujících látek v mobilních (např. měřicí vozidla) a ve stabilních měřicích systémech. Stabilní kontinuální emisní monitorovací systémy (KEMS) vyžaduje legislativa ochrany ovzduší a jsou důležité hned v několika bodech:

- slouží jako nástroj kontinuální kontroly tvorby monitorovaných znečišťujících látek, takže jsou důležitým prostředkem v procesu zmenšování jejich množství,
- pokud je činnost v souladu se zákonem, měřené hodnoty slouží jako pozitivní argumenty pro kontrolní orgány a pro veřejnost,
- poskytují údaje, které se mohou použít pro modelové výpočty imisní situace v dané oblasti,
- moderní systém řízení podniku, který dává na stejnou úroveň ochranu životního prostředí a proces výroby, je bez kontinuální kontroly znečišťujících látek nepřijatelný.

Proto je nemožné považovat KEMS pouze za legislativní požadavek.

Hlavní technické požadavky

Existuje více typů KEMS, které mají různé vlastnosti. Lze jednoznačně říct, že neexistuje žádný univerzálně použitelný systém. Volba typu, který by nejlépe vyhovoval provozním podmínkám, nemusí být vždy jednoduchá.

Při rozhodování výběru typu systému je potřeba zohlednit hlavní podmínky:

- *podmínka věrohodnosti údajů*: je potřeba zvolit systém tak, aby v určitém prostředí minimalizoval interferenci s neměřenými složkami plynu nebo vzájemnou interferenci měřených složek,
- *podmínka spolehlivosti*: je potřeba zvolit systém tak, aby byl spolehlivý a aby nevyžadoval nepřiměřenou údržbu,
- *podmínka ověřování*: je potřeba zvolit systém tak, aby umožňoval periodickou a spolehlivou kontrolu správnosti údajů.

3.1 Systémy kontinuální analýzy spalin [1], [7], [8]

Lze je rozdělit do dvou základních skupin:

- **Extraktivní systém**

Jedná se o systémy, které jsou založeny na odběru plynného vzorku z proudu spalin, který se následně vede k analyzátorům. Tyto systémy jsou v praxi nejrozšířenější. Zařízení, která umožňují odběr vzorku a jejich následnou dopravu k analyzátorům, se nazývají vzorkovací trasy nebo vzorkovací tratě nebo odběrové trasy. Tato zařízení musí dopravit vzorek k analyzátorům tak, aby přesnost byla co nejvyšší a aby byla zaručena dlouhodobá stabilita měření. Postupuje se tak, že se nejprve odstraní mechanické nečistoty, odloučí se kondenzovatelné podíly a zajistí se konstantní hodnoty stavových veličin a průtoku plynu. Lze také zařadit mezi tyto způsoby techniku odběru ředicí sondou, která je založena na metodě ředění přesného množství odebíraného vzorku se suchým přístrojovým vzduchem, který je zbaven všech interferujících složek.

Extraktivní systémy tak můžeme dále rozdělit na:

- Nezředovací extraktivní systémy
- Zředovací extraktivní systémy – suché
- Zředovací extraktivní systémy – vlhké

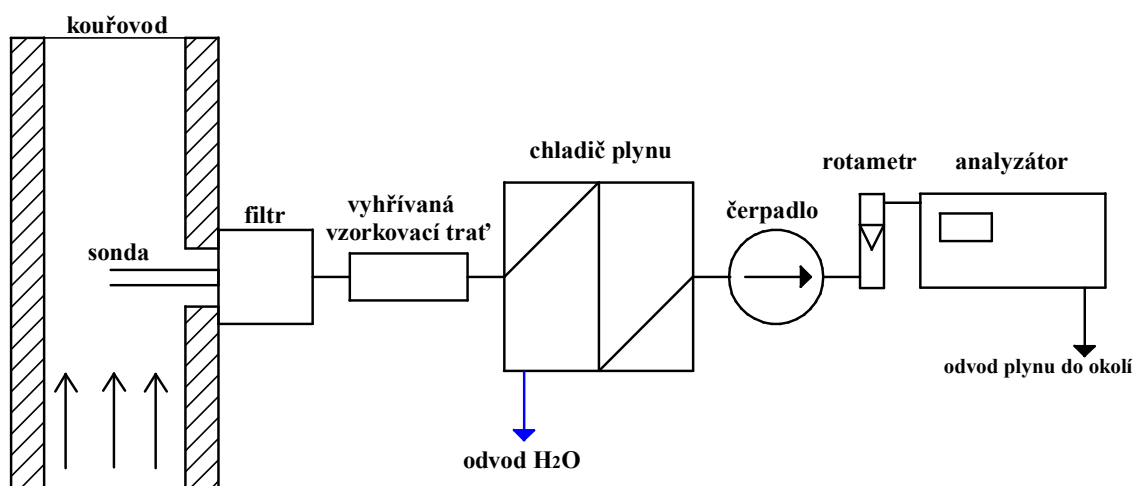
- **Systémy in-situ**

In situ je latinský termín a v překladu znamená „na místě“. U těchto systémů se vzorek neodsává z proudu plynu. Analýza se provádí v proudu plynu přímo v kouřovodu. Tento systém nemění složení plynu. Vyhodnocovací elektroniku lze umístit přímo v místě měření (např. na stěnách kouřovodu) nebo lze část elektroniky umístit na jiném, lépe chránitelném místě. In-situ systém se používá v těchto variantách:

- In-situ bodový
- In-situ s jedním přechodem paprsku
- In-situ s dvojnásobným přechodem paprsku
- In-situ s měřicí kyvetou zasunutou přímo do proudu plynu
- In-situ s dvěma vstupy z jedné strany

3.1.1 Nezřed'ovací extraktivní systém [1], [7]

Koncentrace se měří v suchém plynu => do analyzátorů vstupuje suchý a čistý plyn (obr. č. 3.1). Koncentrace se v systému zpracování dat přepočítávají na normální podmínky a referenční obsah kyslíku. Toto měření je výhodné z hlediska kontroly emisních limitů, jelikož jsou většinou vztaženy na suchý plyn. Problém nastává tehdy, když je potřeba kontrolovat celkové množství vypouštěných emisí. Pokud je spalováno palivo se stálým obsahem vody, lze stanovit obsah vodní páry v plynu s vyhovující přesností výpočtem. Pokud se však spaluje uhlí proměnlivé kvality, může nastat problém se stanovením objektivního obsahu vodní páry. Vyskytuje se zde názor, že nelze s dostatečnou přesností určit koncentraci SO_2 , který je dobře rozpustný ve vodě, jelikož se část odvede v kondenzátu z odlučovače vlhkosti. Tato nejistota není větší než 1 % měřené hodnoty.



Obr. č. 3.1: Schéma extraktivního nezřed'ovacího systému [7]

Specifický problém nastává při měření NH_3 (amoniaku). Při měření NH_3 nelze použít kondenzační způsob odstraňování vodní páry ze vzorku => měření probíhá ve vlhkém plynu (v systému úpravy není chladič). V celé trase musí být teplota větší, než je teplota rosného bodu. Jedná se o náročný systém. Označuje se jako extraktivní nezřed'ovací horký.

Jelikož se v tomto systému vzorek spalin neředí, dochází k průtoku velkého množství plynu, což může při vyšším obsahu tuhých látek vést k zanášení odběrové trasy, převážně hrubého filtru => nutnost zpětného profuku vzduchem. V ČR se tyto systémy používají v tepelných elektrárnách. Tyto systémy navrhl a realizoval ORGREZ, a.s.

3.1.2 Zředovací extraktivní systém – suchý [1], [7]

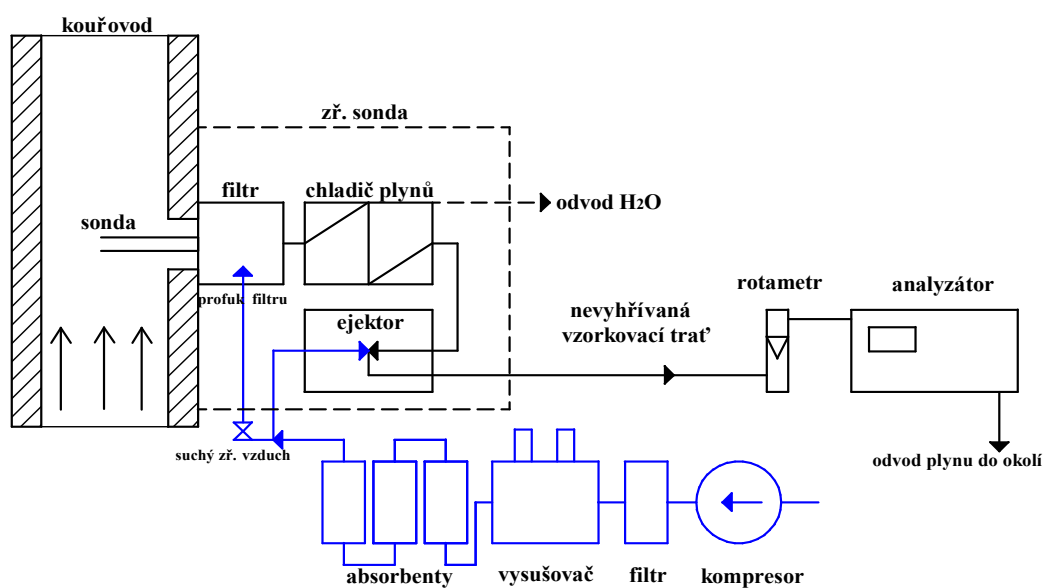
Systém byl vyvinut v USA, kde je také nejvíce používán. Postupně byl zdokonalován a v současné době se začal rozšiřovat i v Evropě. Vzorek plynu je odebírán sondou a následně se vede do velkoplošného filtru, který je umístěn v temperovaném pouzdře (ohřev asi na 140 °C) společně se zředovací sondou. Po odstranění vodní páry v chladiči a zředěním v definovaném poměru vzduchem (čistým a suchým), se následně vzorek dopravuje nevyhřívanou trasou (teflonová hadička v ochranném plastovém obalu) k analyzátorům, viz obr. č. 3.2. Nejčastěji používaný zředovací poměr je 20 : 1 až 100 : 1. Zředovací poměr je definován vztahem:

$$D = \frac{V_1 + V_2}{V_2} \quad [-] \quad (1)$$

kde V_1 je průtok zředovacího vzduchu,

V_2 je průtok vzorku.

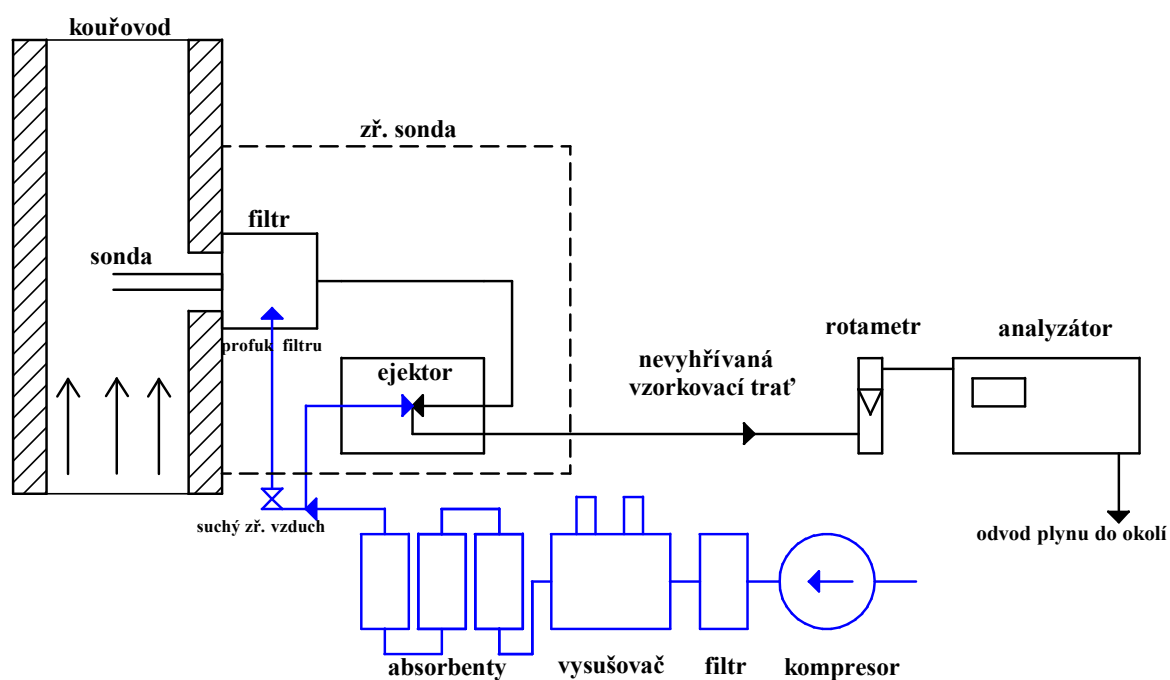
V systému se používají emisní analyzátory s nízkými rozsahy. Při velkých zředovacích poměrech lze použít analyzátory s rozsahy imisními. Může se však vnést do systému velká nejistota, kterou způsobují znečišťující látky v okolním vzduchu. Se zvyšujícími se imisními koncentracemi ve vzduchu a se zvětšujícím se zředovacím poměrem, bude vzrůstat i nejistota měření. Je proto důležité věnovat úpravě zředovacího vzduchu dostatečnou pozornost. Problémy se zanášením filtru lze redukovat správnou volbou zředovacího poměru. V systému se poté měřené hodnoty přepočítávají na normální podmínky a referenční obsah kyslíku.



Obr. č. 3.2: Schéma suchého extraktivního zředovacího systému [7]

3.1.3 Zřed'ovací extraktivní systém – vlhký [1], [7]

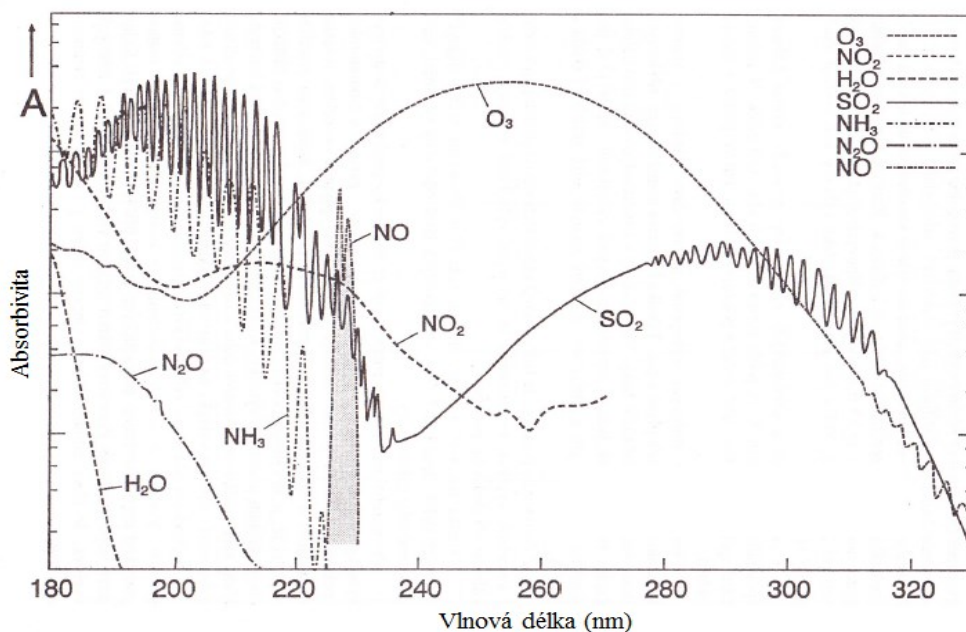
Rozdíl mezi zřed'ovacím extraktivním suchým a zřed'ovacím extraktivním vlhkým je ten, že v systému úpravy vzorku je vynechán chladič. Vlhkost není ze vzorku odstraňována, vzorek je ředěn suchým a čistým zřed'ovacím vzduchem. Pokud hodnotu naměřenou v suchém plynu vynásobíme zřed'ovacím poměrem, dostaneme koncentraci složky ve skutečném vlhkém plynu. Tento způsob měření je výhodný, pokud potřebujeme stanovit celkové množství emisí. Naopak je nevýhodné, když jsou přípustné koncentrace znečišťujících látek stanoveny legislativou v suchém plynu (většina případů). Pokud jsou přípustné koncentrace stanovené ve vlhkém plynu a jde o měření v náročných podmínkách, může být tento systém vhodným řešením. Na obr. č. 3.3 je schéma tohoto systému, kde si lze všimnout vynechaného chladiče.



Obr. č. 3.3: Schéma vlhkého extraktivního zřed'ovacího systému [7]

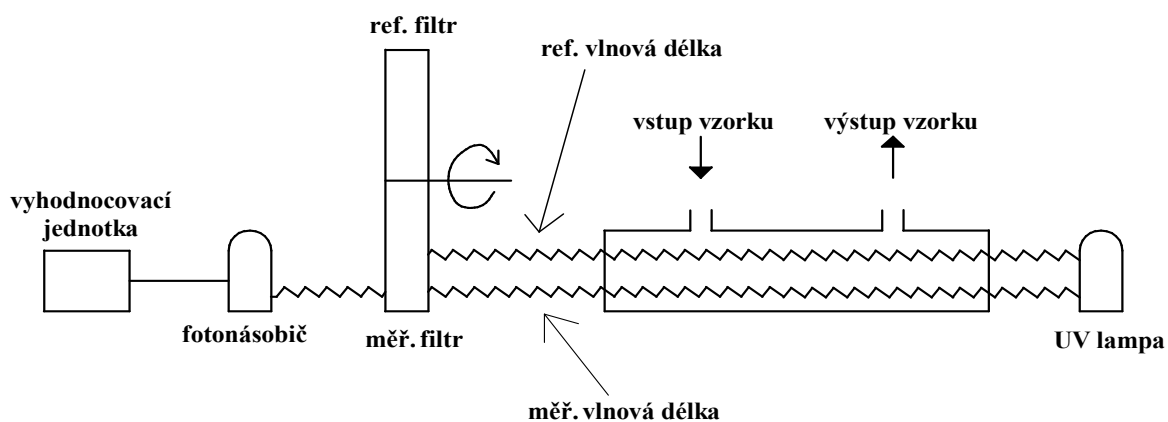
3.1.4 Systémy in-situ [1], [9]

Princip je založen na sledování poklesu intenzity záření v určitých rozsazích vlnových délek (obr. 3.4). Záření je různě citlivé na koncentraci různých plynů v měřeném prostředí. Hodnota koncentrace je daná porovnáváním informací ze souboru vstup-výstup. Při posuzování systému je důležité pozorně hodnotit jeho selektivitu k měřeným složkám a nežádoucí interference (vodní pára, saze, popílek apod.), které mohou výrazně ovlivnit přesnost.



Obr. č. 3.4: Absorpční spektra některých plynů v UV oblasti [9]

S výhodou se používá UV záření (viz obrázek č. 3.5), jelikož UV záření není absorbované molekulami vodní páry \Rightarrow vyloučení interference při měření ve vlhkém plynu.



Obr. č. 3.5: Funkční schéma nedisperzního UV analyzátoru (NDUV) [1]

Varianty in-situ systémů

In-situ bodový

Systém měří koncentraci složek v jednom bodě nebo podél dráhy, která se rovná nebo je menší než 10 % z celkové dráhy.

In-situ s jedním přechodem paprsku

Zdroj a detektor jsou umístěny proti sobě (např. na komíně). Záření prochází měřenými plyny jen jednou.

In-situ s dvojitým přechodem paprsku

Zdroj a detektor záření jsou na stejné straně potrubí. Naproti je reflektor, který způsobí dvojnásobný přechod paprsku prostředím. Dvojnásobný přechod paprsku => vyšší citlivost systému.

In-situ s měřicí kyvetou zasunutou přímo do proudu plynu

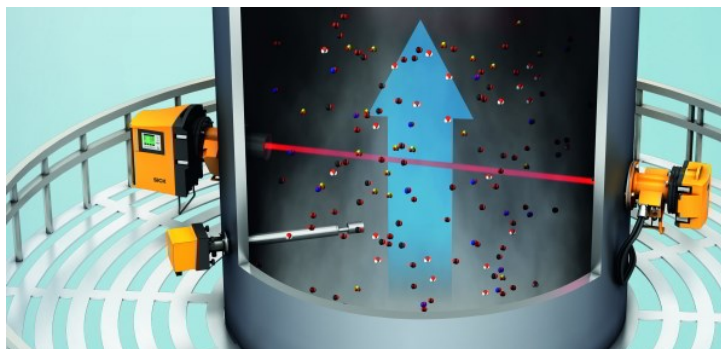
Kyveta je vyrobené z nerezové oceli, nebo z keramického porézního materiálu. Výhody: vstup do potrubí je jen z jedné strany a v měřicí kyvetě nejsou tuhé částice, které by mohly být zdrojem interference. Tento systém lze považovat za nejmodernější.

In-situ s dvěma vstupy z jedné strany

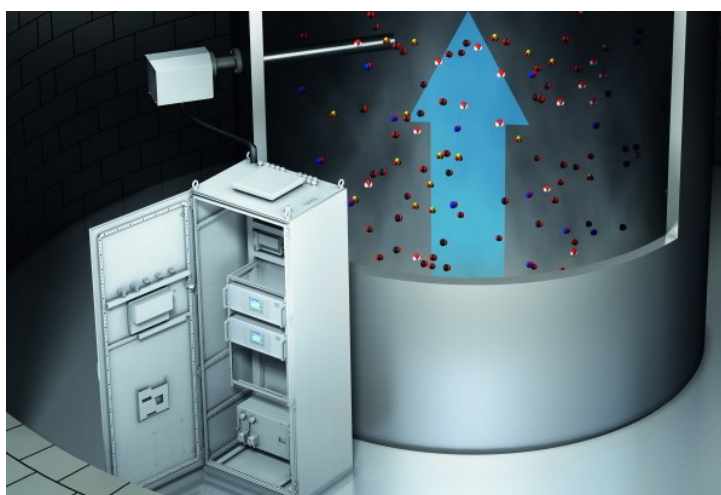
Je zde využit odraz záření od tuhých částic => použití na měření koncentrace tuhých látek.

Vlastnosti systému

Je potřeba umístit alespoň dva prvky systému (zdroj a přijímač) z jedné nebo ze dvou stran přímo na stěnu komínu nebo v blízkosti jeho stěn (viz obr. č. 3.6). Tyto prvky jsou vystaveny vnějším podmínkám a jsou také hůře přístupné. Aby byla zajištěna spolehlivá funkce, je nutná spolehlivá dodávka čistícího vzduchu. U těchto systémů je čas odezvy v porovnání s extraktivními systémy podstatně kratší, proto se někdy dají měřené údaje použít na regulaci procesu.



Obr. č. 3.6: Příklad použití technologie in-situ [10]



Obr. č. 3.7: Příklad použití technologie extraktivního odběru [10]

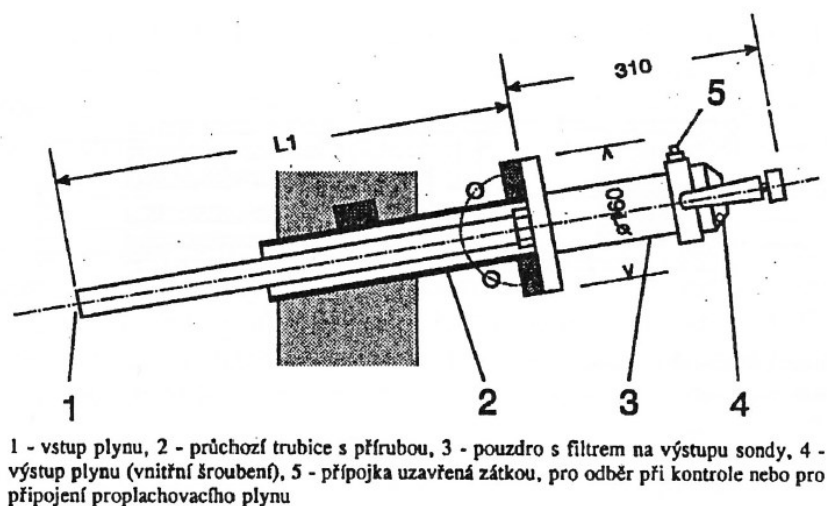
3.2 Hlavní prvky systému na úpravu vzorku [7], [9], [11]

V této podkapitole jsou podrobněji popsány části nejvyužívanějšího z výše uvedených systémů kontinuální analýzy spalin, tj. extraktivního nezředovacího systému.

Pro odběr a úpravu vzorků jsou používány přístroje a součásti, které bývají označovány jako pomocná zařízení. Toto označení však není příliš vhodné, jelikož nelze považovat tyto součásti za méně důležité. Ve skutečnosti mají tato zařízení velký vliv na výslednou přesnost měření. Obecně slouží k úpravě vzorku tak, aby vzorek, vstupující do analyzátoru, zaručoval co největší přesnost a stabilitu měření. Zajišťují odběr a dopravu vzorku k analyzátorům, odstranění mechanických nečistot, odloučení kondenzovatelných podílů, také konstantní hodnoty stavových veličin, případně průtoku. Typické uspořádání odběrové trasy ukazuje obr. č. 3.1.

Odběrová sonda

Odběrová sonda má za úkol vyvést vzorek k zařízení pro dopravu vzorku k analýze (obr. č. 3.8). Odběrové sondy se liší podle prostředí (ze kterého je vzorek odebírán) a vlastností vzorku. Sonda musí být přizpůsobena prostředí \Rightarrow materiál musí být odolný vlivu teploty a chemickému působení agresivních složek. Součástí sondy často bývá filtr, který slouží k odstranění hrubých mechanických nečistot. Je zapotřebí, aby byl tento filtr vytápěný, jelikož by jinak mohlo dojít ke kondenzaci vlhkosti, což by mohlo vést k zalepení filtru mechanickými nečistotami. Existují také sondy, které mohou pracovat i při vyšších teplotách, až do teploty 1500 °C. Sondy umístěné v těchto teplotách se smí montovat pouze svisle, jelikož při vysoké teplotě je materiál namáhán nad mez tečení a při vodorovném umístění by se po čase ohýbaly a deformovaly. Při měření vzorků s vysokou vlhkostí a obsahem korozivních složek je nutno použít sondy, které mají vytápěný filtr a odběrovou trubici.



Obr. č. 3.8: Sonda pro odběr kouřových plynů [11]

Primární filtr

Primární filtr slouží k zabránění vniknutí tuhých částic, které doprovázejí odebíraný vzorek, do odběrových cest a jejich ukládání, které dochází v místech kontaktu se vzorkem. Plynný vzorek může reagovat s tuhými částicemi, resp. se může vázat na částice. Dlouhodobé ukládání tuhých částic vede k ucpání odběrových tras. Jako vhodným konstrukčním řešením při filtraci silně znečištěných plynů jsou výměnné náplně, které by měly být levné. Proto můžeme za univerzální náplň považovat skleněnou vatu. V případě, že není nutná příliš častá výměna náplně, jsou vhodné filtry keramické. Takové filtry mohou pracovat i ve vyšších teplotách (např. přímo v kouřovodu).

Často se používají pro filtraci plynů filtry s topným pláštěm, který má zamezit kondenzaci par. Toto topení bývá nejčastěji elektrické nebo parní. Externí i interní filtry lze čistit pomocí zpětného profuku suchým vzduchem. Obecně lze jako materiál filtru použít korozivzdornou ocel, křemenné či borosilikátové sklo, keramiku nebo jiný vhodný materiál.

Vyhřívání vzorkovací trať

Vzorek se od místa odběru k dalším zařízením a dále k analyzátoru dopravuje potrubím. Přívodní potrubí k analyzátoru mívají různou světlost a bývají zhotoveny z různých materiálů. Je potřeba volit světlost s ohledem na nejmenší objem a co nejmenší dynamický odpor. Obvykle bývá světlost okolo 6 mm. Nejmenší objem se požaduje proto, aby se minimalizovalo dopravní zpoždění. U menších průměrů nevádí dynamický odpor, ale hrozí, že malé množství kapaliny kapilární vztlakovostí uzavře potrubí a díky přítomnosti pevných částic vytvoří zátku. Světlost menší než 4 mm se prakticky nepoužívá.

Volba materiálů je závislá převážně na chemickém složení analyzovaných směsí. Z kovů se nejčastěji používá ocel, hliník, měď a její slitiny. Ze syntetických materiálů se používá polytetylen, polyvinylchlorid, polyamid či fluorované polymery. Pro krátké spoje lze použít i pryžové hadice. Je nutností zvážit všechny možné chemické i fyzikální reakce měřené složky ve styku s materiálem. Vzorkovací trať musí být temperována minimálně na teplotu 15 K nad rosným bodem vodní páry přítomné ve vzorku. Je zapotřebí, aby tato teplota byla kontrolována. Vyhřívání potrubí s výměnnou teflonovou vložkou je nejčastěji používané pro dopravu vzorku mezi sondou a chladičem. Pokud není potřeba použití vyhřívání potrubí, lze použít pouze netopené potrubí. Velmi důležité je zabránit kondenzaci u přechodových míst (spojky, spojení apod.) => použití izolace a krytů.

Chladiče

Chladiče slouží k řízení kondenzace z důvodu soustředění vylučování kondenzátu do jediného místa. Pokud je prostor chladiče nejchladnějším místem v celém přívodním potrubí k analyzátoru, nemůže za ním dojít k dalšímu vylučování kondenzátu. Veškeré části chladiče, přicházející do styku se vzorkem, musí být vyrobeny z materiálu, jenž zaručuje neměnné parametry vzorku plynu (např. sklo, korozivzdorná ocel apod.)

Jako nejjednodušší případ chladiče je uváděn chladič vzdušný, který je obvykle v podobě neizolovaného přívodního potrubí vedeného nejčastěji svisle, aby kondenzující kapalina mohla stékat do jímky kondenzátu. V tomto případě nelze dosáhnout ochlazení na nižší teplotu než na teplotu okolí.

Lepším řešením je vodní chladič. Jedná se o rovnou trubku s pláštěm, kterým protéká chladicí voda. Taktéž se instaluje svisle. Chladicí vodu však lze považovat za poměrně drahé medium, jehož spotřeba je při kontinuálním provozu značná. Proto se pro chlazení používají častěji tyto dva druhy chladičů plynu:

- chladič plynu založený na Peltierově jevu,
- chladič plynu s kompresorovým agregátem.

Kompresorové chladiče fungují na podobném principu, jako klasické domácí chladničky, liší se v části, která je určená ke kondenzaci protékajícího vzorku plynu.

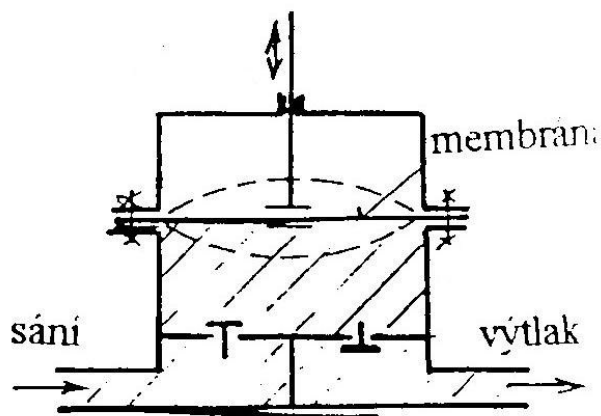
Oba typy chladičů mají společný problém, který je spojen s nutným odvodem vznikajícího kondenzátu. Tento odvod lze řešit pomocí sběrné nádoby, nebo pomocí automatického odvodu kondenzátu (peristaltické čerpadlo).



Obr. č. 3.9: Chladič měřeného plynu MGK 741 založený na Peltierově jevu [12]

Vzorkovací čerpadlo

Pro kontinuální odběr vzorku se používá plynotěsné čerpadlo. Běžně se používají membránová čerpadla z korozivzdorného materiálu. Tato čerpadla by měla zajistit potřebné množství vzorku pro analýzu, včetně přebytku (norma předepisuje 10 %), který je veden mimo analyzátorový systém a tím zajišťuje minimalizaci dopravního zpoždění celé odběrové trasy.



Obr. č. 3.10: Schéma membránového čerpadla [13]

Průtokoměr

Z důvody kontroly a regulace průtočných množství vzorku plynu, jsou do přístrojového vybavení zařazeny průtokoměry. Většinou se jedná o korozivzdorné rotametry (plováčkové průtokoměry), které se dodávají kalibrované pro měření požadovaného množství daných médií. Každý průtokoměr by měl být opatřen jemným jehlovým ventilem, z důvodu přesné regulace protékajícího média.

Analyzátor

Jedná se o zařízení, které zakončuje celý měřicí řetězec. Slouží k analýze sledovaného plynu a kontinuálně zobrazuje koncentrace požadované plynné složky. Funkční vlastnosti analyzátoru musí odpovídat co nejvíce daným požadavkům. Jedná se především o princip měření, měřicí rozsah, přesnost a selektivitu.

Měřicím rozsahem rozumíme oblast hodnot měřené veličiny, která je ohraničená dvěma mezemi, mezi kterými je analyzátor schopen podat informaci o velikosti měřené veličiny.

Přesnost přístroje udává interval, jehož meze nesmí chyba měření překročit (za daných podmínek). Absolutní chyba měření je dána rozdílem naměřené a skutečné hodnoty.

Selektivita je vlastnost analyzátoru rozlišit měřenou složku od ostatních složek směsi. V případě ideálního analyzátoru závisí jeho údaj pouze na obsahu měřené složky ve směsi. Nelze však absolutně dosáhnout této vlastnosti, jelikož údaj každého analyzátoru je ovlivňován i dalšími složkami směsi.

4. Koncentrace plynných složek spalin – kontrolní výpočty [1], [7], [11]

Sledovaná výsledná koncentrace plynné složky ve spalinách může být formulována různě, proto je tato kapitola věnována způsobu výpočtů a přepočtů hodnot sledovaných koncentrací. Koncentrace plynných složek může být na analyzátoru vyjádřena:

- podílovým složením v % [% obj nebo % hm],
- hmotnostní koncentrací vztaženou k jednotce objemu [mg/m³, µg/m³],
- podílovým složením v ppm – parts per milion [ppm obj nebo ppm hm].

$$1 \text{ ppm}_{\text{obj}} = 1 \text{ cm}^3/\text{m}^3 = 0.0001 \% \text{ obj}$$

$$1 \text{ ppm}_{\text{hm}} = 1 \text{ mg/kg} = 0.0001 \% \text{ hm.}$$

Hmotnostní koncentrace plynných složek ve spalinách

Pro přepočet naměřených objemových koncentrací plynných složek v suchých spalinách v ppm na hmotnostní koncentraci je potřeba znát měrnou hmotnost jednotlivých složek. Vypočte se dle vztahu:

$$\rho_{N,i} = \frac{M_i}{V_{N,i}} \quad [\text{kg}/\text{m}_N^3] \quad (2)$$

kde $\rho_{N,i}$ je měrná hmotnost i-té plynné složky při norm. podmínkách (NP) [kg/m³_N]
 M_i molární hmotnosti i-té složky [kg/kmol]
 $V_{N,i}$ molární objem kilomolu i-té složky při NP [m³_N/kmol]

Hmotnostní koncentrace se vypočte dle vztahu:

$$C_{N,i}^s = \rho_{N,i} \cdot c_i^s \quad [\text{mg/m}_N^3] \quad (3)$$

kde $C_{N,i}^s$ je hmotnostní koncentrace i-té složky v suchých spalínách při NP $[\text{mg/m}_N^3]$
 c_i^s objemová koncentrace i-té složky v suchých spalínách [ppm]

Hmotnostní koncentrace se přepočte na efektivní podmínky dle vztahu:

$$C_i^s = C_{N,i}^s \cdot \frac{273.15}{T_{sp}} \cdot \frac{p_{sp}}{101325} \quad [\text{mg/m}^3] \quad (4)$$

kde C_i^s je hmotnostní koncentrace i-té složky v suchých spalínách při efektivních podmínkách $[\text{mg/m}^3]$

T_{sp} absolutní teplota spalín v místě měření [K]

p_{sp} absolutní tlak spalín v místě měření [Pa]

Přepočet na referenční obsah kyslíku

Provede se dle vztahu:

$$C_{iref}^s = C_{N,i}^s \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_{2mer}} \quad [\text{mg/m}_N^3] \quad (5)$$

kde C_{iref}^s je hmotnostní koncentrace i-té složky v suchých spalínách přepočtené na referenční obsah kyslíku $[\text{mg/m}_N^3]$

O_{2ref} referenční koncentrace kyslíku v suchých spalínách [% obj]

O_{2mer} naměřená koncentrace kyslíku v suchých spalínách [% obj]

Referenční obsah kyslíku je pro různá paliva různý:

- tuhá paliva 6 %
- kapalná a plynná paliva 3 %
- biomasa a dřevo 11 %

Objemový tok suchých spalín

Přebytek vzduchu se vypočítá z naměřeného O_2 ve spalínách dle vztahu:

$$n = \frac{21}{21 - O_{2mer}} \quad [-] \quad (6)$$

kde n je přebytek vzduchu

Skutečné množství suchých spalín se vypočítá dle vztahu:

$$V_{sp}^s = V_{sp,t}^s + (n - 1) \cdot V_{vz,t}^s \quad [m^3_N/kg] \quad (7)$$

kde V_{sp}^s je skutečné množství suchých spalín vzniklých spálením 1 kg paliva při NP $[m^3_N/kg]$

$V_{sp,t}^s$ teoretické množství vzniklých suchých spalín z 1 kg paliva $[m^3_N/kg]$

$V_{vz,t}^s$ teoretické množství suchého vzduchu potřebného ke spálení 1 kg paliva $[m^3_N/kg]$

Objemový tok suchých spalín se vypočte dle vztahu:

$$\dot{V}_N^s = V_{sp}^s \cdot \dot{m}_{paliva} \quad [m^3_N/h] \quad (8)$$

kde \dot{V}_N^s je objemový tok suchých spalín při NP $[m^3_N/h]$

\dot{m}_{paliva} spotřeba paliva $[kg/h]$

Přepočet objemového toku suchých spalín na efektivní podmínky

$$\dot{V}^s = \dot{V}_N^s \cdot \frac{273.15}{T_{sp}} \cdot \frac{p_{sp}}{101325} \quad [m^3/h] \quad (9)$$

kde \dot{V}^s je objemový tok suchých spalín při efektivních podmínkách $[m^3/h]$

Objemový tok vlhkých spalín

$$\dot{V}_N^{vl} = \frac{\dot{V}_N^s}{(1 - \varphi_{H_2O})} \quad [m^3_N/h] \quad (10)$$

kde \dot{V}_N^{vl} je objemový průtok vlhkých spalín při NP $[m^3_N/h]$

φ_{H_2O} objemový zlomek vodní páry obsažené ve vlhkých spalínách

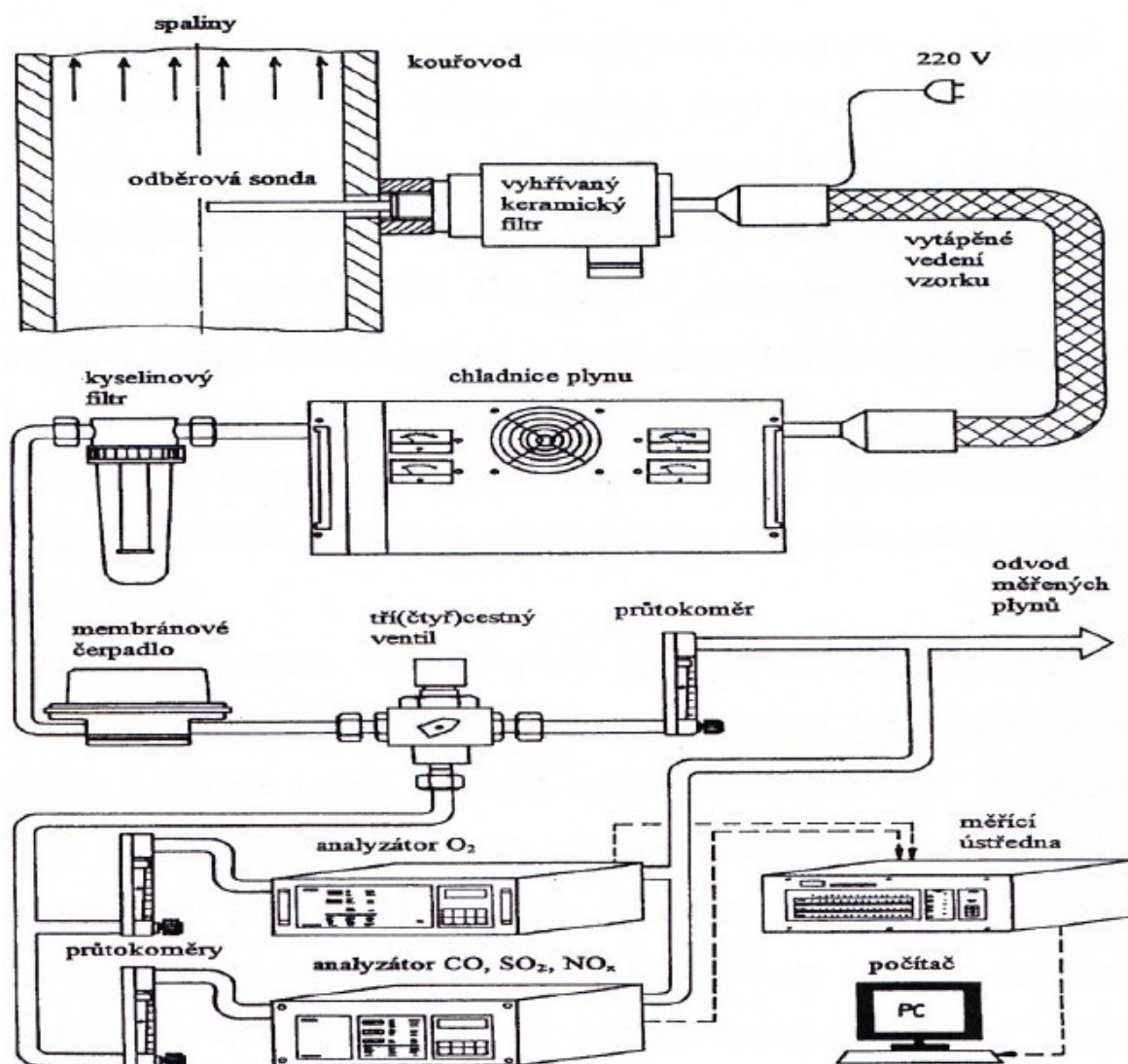
Hmotnostní tok znečišťujících látek

Vypočte se dle vztahu:

$$\dot{m}_i = \frac{C_{N,i}^s \cdot \dot{V}_N^s}{1000} \quad [\text{g/h}] \quad (11)$$

kde \dot{V}_N^s je objemový tok suchých spalin při NP [$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{h}$]
 \dot{m}_i hmotnostní tok i-té složky [g/h]

Na obr. č. 4.1 je uveden příklad odběrové aparatury, která je určena pro extraktivní nezředňovací systém kontinuální analýzy spalin.



Obr. č. 4.1: Aparatura pro kontinuální analýzu plyných složek spalin [7]

5. Kontinuální monitoring v praxi

Poslední část práce je věnována praktickému využití kontinuálních monitorovacích systémů v energetických podnicích. Pro doplnění získaných poznatků a ověření nabytých vědomostí, předložených v úvodní části práce, byly za tímto účelem navštíveny dva velké energetické podniky, ve kterých bylo umožněno seznámit se s praktickou aplikací monitorování emisí při spalování různých typů paliv. Prohlídka praktických realizací kontinuálního monitoringu byla provedena na třech vybraných energetických zařízeních:

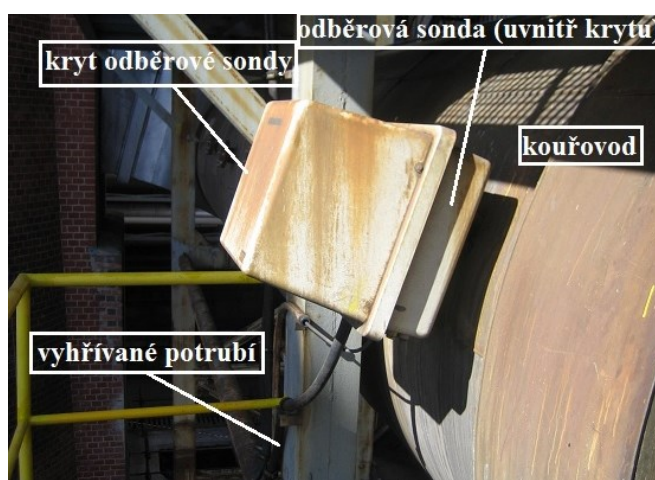
- Elektrárna Třebovice - kotel K13 (tuhé palivo), JTP = 181,31 MWt
- DEZA, a. s. - teplárna – kotel K4 (kapalné palivo), JTP = 97 MWt
- DEZA, a. s. – dopalovna – 3 ks kotlů (plynné palivo) - společný monitoring.

Po praktické ukázce jednotlivých systémů a popisů jejich prvků byly v další části provedeny přepočty získaných půlhodinových koncentrací plyných emisí, naměřených analyzátory sledovaných systémů v ppm. Poté následovalo vyhodnocení a jejich srovnání s emisními limity uvedenými pro tato zařízení v platné legislativě ČR.

5.1 Elektrárna Třebovice

Pro praktickou ukázkou a přepočet emisí byl zvolen kontinuální nezřed'ovací extraktivní systém parního kotle K13 s výtavným ohništěm na černé uhlí.

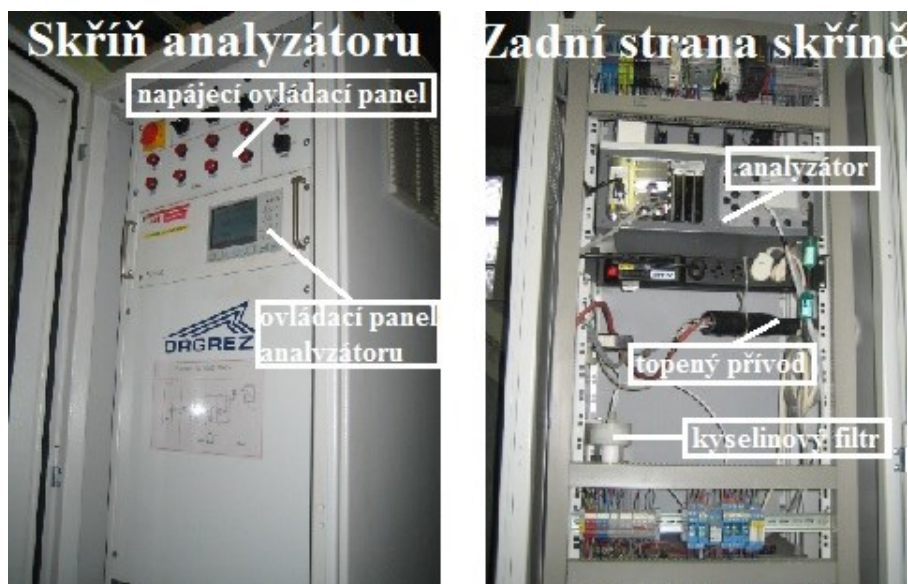
Vzorek je z kouřovodu odsáván odběrovou sondou ABB PFE3 s odběrovou trubicí délky 1 500 mm. Součástí sondy je filtr s keramickou vložkou pro zachycení tuhých částic.



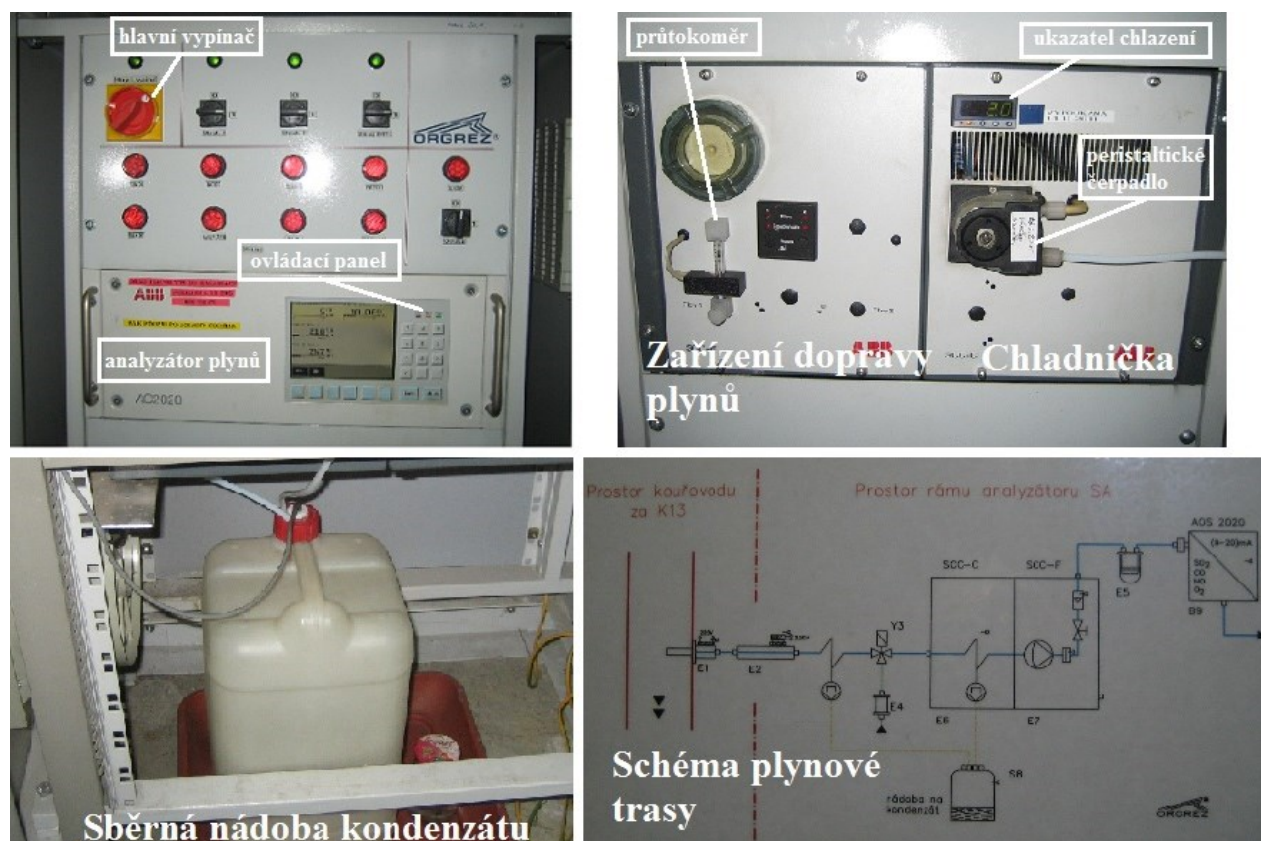
Obr. č. 5.1: Umístění odběrové sondy ABB PFE3 v kouřovodu

Vzorek spalin je dále veden vyhřívaným potrubím CGWB13. Jedná se o vytápěnou izolovanou hadici s teflonovou trubičkou 6x1 mm uvnitř.

Vzorek je přiváděn do skříně analyzátoru (obr. č. 5.2). Jedná se o plechovou rozváděčovou skříň, do které jsou instalována zařízení (obr. č. 5.3) pro úpravu a analýzu vzorku spalin (kompletní sestava skříně je přiložena v příloze č. 1).



Obr. č. 5.2: Skříň analyzátoru



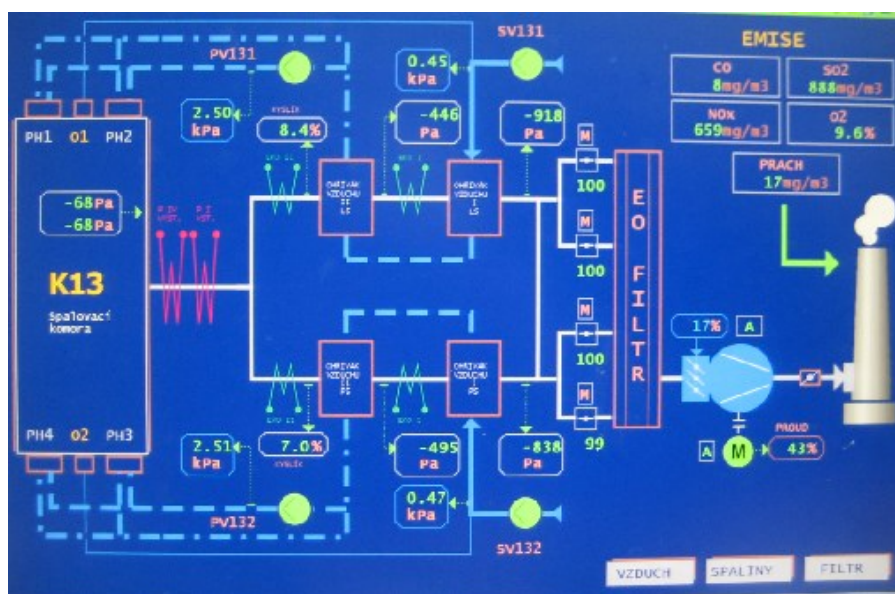
Obr. č. 5.3: Jednotlivé prvky skříně analyzátoru

Jako chladič plynu je zde použit Advance SCC-C. Jedná se kompresorový typ chladiče plynu od firmy ABB Automation (technická specifikace chladiče je uvedena v příloze č. 2).

Dopravu vzorku plynu zajišťuje dopravní jednotka plynu Advance SCC-F firmy ABB Automation, jež disponuje membránovým čerpadlem (technická specifikace dopravní jednotky plynu je uvedena v příloze č. 3).

O analýzu spalin se stará analyzátor plynů Advance Optima – řady AO2000. Jednotlivé měřicí rozsahy jsou uvedeny v příloze č. 4.

Následující snímek je pořízen na velínu a je na něm znázorněno schéma vzduch-spaliny vč. emisních hodnot (v $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$) již přepočtených na referenční obsah O_2 . Vyhodnocovací software je firmy ORGREZ, a.s. Detailnější schéma je přiloženo v příloze č. 5.



Obr. č. 5.4: Schéma vzduch-spaliny vč. vyhodnocení kontinuálního měření

5.1.2 Přepočet naměřených koncentrací

V této podkapitole jsou uvedeny přepočty naměřených hodnot vč. porovnání s emisním limitem. V tabulce č. 5.1 jsou v levé části uvedeny naměřené hodnoty (v ppm) v jednotlivých půlhodinových intervalech. Na pravé straně je poté přepočet na referenční obsah kyslíku (v mg/m^3_{N}) a následné srovnání s emisním limitem.

Vzorový výpočet pro interval od 12:00 do 12:30

Pro výpočet naměřené koncentrace je zapotřebí znát hustotu daného plynu (mg/m^3_{N}) a koncentraci plynné emise (ppm), tyto hodnoty se dosadí do vzorce (3):

$$C_{N,CO}^s = \rho_{N,CO} \cdot c_{CO}^s = 1,25 \cdot 8 = 10 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (12)$$

$$C_{N,NOx}^s = \rho_{N,NOx} \cdot c_{NOx}^s = 2,05 \cdot 385 = 789 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (13)$$

$$C_{N,SO_2}^s = \rho_{N,SO_2} \cdot c_{SO_2}^s = 2,86 \cdot 287 = 821 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (14)$$

Abychom mohli naměřené koncentrace porovnat s emisním limitem, je nutno je přepočíst na referenční obsah kyslíku. Pro tuhá paliva je referenční obsah kyslíku 6 %. Výpočet se provede dle vzorce (5):

$$C_{CO,ref}^s = C_{N,CO}^s \cdot \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mer}} = 10 \cdot \frac{21 - 6}{21 - 6,7} = 11 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (15)$$

$$C_{NOx,ref}^s = C_{N,NOx}^s \cdot \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mer}} = 789,3 \cdot \frac{21 - 6}{21 - 6,7} = 828 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (16)$$

$$C_{SO_2,ref}^s = C_{N,SO_2}^s \cdot \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mer}} = 820,8 \cdot \frac{21 - 6}{21 - 6,7} = 861 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (17)$$

Emisní limit pro stacionární spalovací zdroje je splněn, jestliže žádná z průměrných 30-ti minutových hodnot nepřekročí 120 % hodnoty EL a zároveň průměr výsledků jednotlivých měření za celé jednorázové měření emisí je menší nebo roven hodnotě EL.

SEL pro CO = 50 mg/m^3_{N} $\Rightarrow 11 < 60$ $[\text{mg/m}^3_{\text{N}}]$ EL splněn

SEL pro NO_x = 1 100 mg/m^3_{N} $\Rightarrow 828 < 1\,320$ $[\text{mg/m}^3_{\text{N}}]$ EL splněn

SEL pro SO₂ = 1 700 mg/m^3_{N} $\Rightarrow 861 < 2\,040$ $[\text{mg/m}^3_{\text{N}}]$ EL splněn

Výše uvedené SEL jsou dány platným integrovaným povolením pro elektrárnu Třebovice, konkrétně pro kotle K12, K13 a K14.

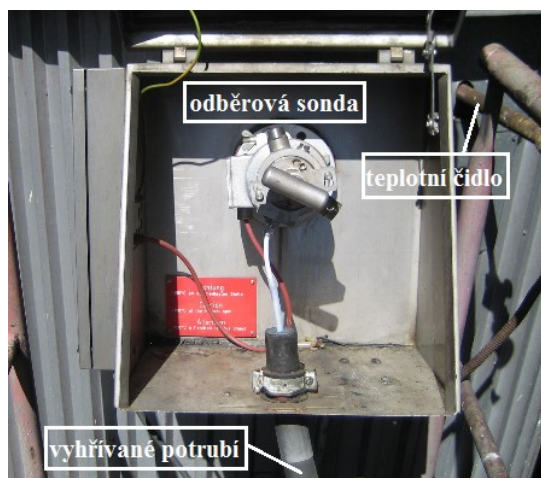
Pro výpočet dalších průměrných hodnot z půlhodinových intervalů postupujeme analogicky. V následující tabulce si lze všimnout, že žádná průměrná půlhodinová hodnota nepřekračuje hodnotu 120 % EL a průměrné hodnoty celého měření nepřekračují hodnotu EL. Tudíž lze konstatovat, že koncentrace plyných emisí na výstupu z kotle K 13 jsou v souladu s legislativou.

| Kotel K 13 | | Průměrné hodnoty ze 30-ti minutových intervalů | | | | Koncentrace přepočteny na 6 % O ₂ , suchý plyn, normální podmínky | | |
|-------------------------|--------------|--|-----------------|-----------------|-------------------|--|-----------------|-------------------|
| čas | | CO | NO _x | SO ₂ | O ₂ | CO | NO _x | SO ₂ |
| od | do | [ppm] | | | [%] | [mg.Nm ⁻³] | | |
| 12:00 | 12:30 | 8 | 385 | 287 | 6,7 | 11 | 828 | 861 |
| 12:30 | 13:00 | 8 | 401 | 279 | 7,2 | 11 | 894 | 867 |
| 13:00 | 13:30 | 7 | 433 | 257 | 8,2 | 10 | 1040 | 861 |
| 13:30 | 14:00 | 7 | 389 | 275 | 7,0 | 9 | 854 | 843 |
| 14:00 | 14:30 | 7 | 387 | 284 | 7,0 | 9 | 850 | 870 |
| 14:30 | 15:00 | 7 | 412 | 273 | 7,4 | 10 | 932 | 861 |
| 15:00 | 15:30 | 7 | 413 | 269 | 7,4 | 10 | 934 | 849 |
| 15:30 | 16:00 | 7 | 415 | 268 | 7,5 | 10 | 945 | 852 |
| 16:00 | 16:30 | 7 | 422 | 276 | 7,1 | 9 | 934 | 852 |
| 16:30 | 17:00 | 8 | 409 | 283 | 6,8 | 11 | 886 | 855 |
| 17:00 | 17:30 | 7 | 435 | 265 | 7,8 | 10 | 1013 | 861 |
| 17:30 | 18:00 | 7 | 433 | 264 | 7,6 | 10 | 994 | 845 |
| Průměrné hodnoty | | 7 | 411 | 273 | 7,3 | 10 | 925 | 856 |
| Porovnání s EL | | < 50 | | | < 1 100 | | | < 1 700 |

Tabulka č. 5.1: Naměřené koncentrace plyných emisí na výstupu z kotle K 13

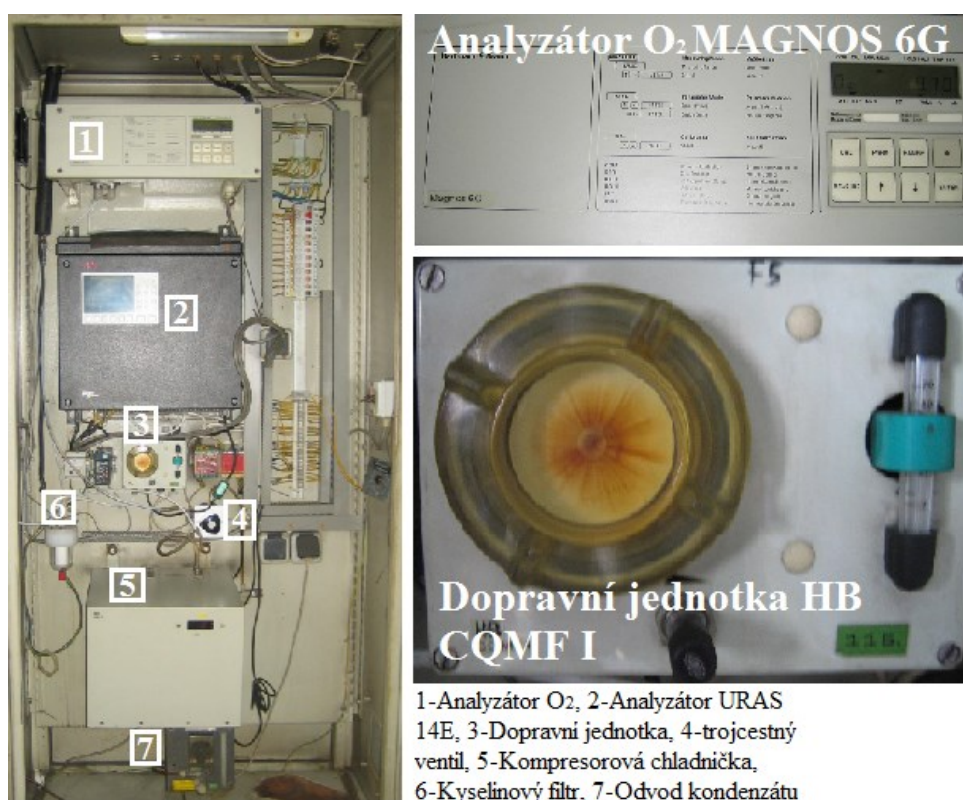
5.2 DEZA, a.s. – teplárna

DEZA, a.s. – teplárna spaluje kapalná paliva (palivo vlastní výroby na bázi dehtových olejů). Kontinuální monitorovací systém je zde rovněž extraktivní nezředňovací.



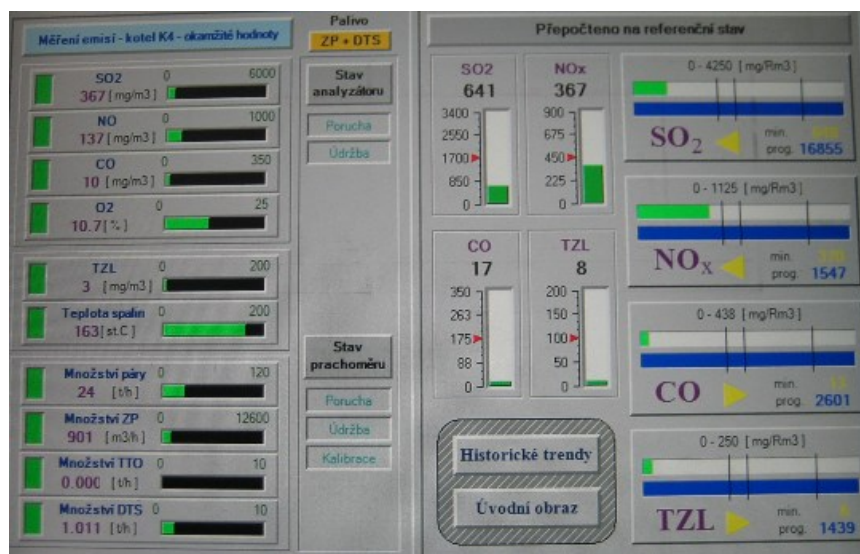
Obr. č. 5.5: Umístění odběrové sondy v kouřovodu (teplárna)

Vzorek plynu následuje do skříně analyzátoru pomocí vytápěné izolační hadice. Zde jsou, jako v předchozím případě, umístěny zařízení pro úpravu vzorku. Upravený vzorek vstupuje do analyzátoru URAS 14 E od firmy Hartman & Braun. Dále se ve vzorku měří obsah kyslíku O_2 , pro toto měření se používá analyzátor MAGNOS 6G.



Obr. č. 5.6: Jednotlivé prvky skříně analyzátoru URAS 14 E (teplárna)

Vyhodnocení kontinuálního měření je na PC umístěného na tepelném velínu a možnost vizualizace je i na PC (obr. č. 5.7) vedoucího energetiky a technologů. Vyhodnocovací software je od firmy ORGREZ Dětmorovice.



Obr. č. 5.7: Vyhodnocení kontinuálního měření DEZA, a.s. (teplárna)

5.2.1 Přepočet naměřených koncentrací

Přepočet naměřených hodnot je zde proveden analogicky jako v podkapitole č. 5.1.2. Rozdíl je zde především v použitém palivu (dehtové oleje). Jelikož se jedná o kapalné palivo, naměřená koncentrace bude přepočtena na referenční obsah kyslíku 3 %.

Vzorový výpočet pro interval od 9:00 do 9:30

Pro výpočet naměřené koncentrace je zapotřebí znát hustotu daného plynu (mg/m^3_{N}) a koncentraci plynné emise (ppm), tyto hodnoty se dosadí do vzorce (3):

$$C_{N,CO}^S = \rho_{N,CO} \cdot c_{CO}^S = 1,25 \cdot 32 = 40 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (18)$$

$$C_{N,NOx}^S = \rho_{N,NOx} \cdot c_{NOx}^S = 2,05 \cdot 139 = 285 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (19)$$

$$C_{N,SO_2}^S = \rho_{N,SO_2} \cdot c_{SO_2}^S = 2,86 \cdot 138 = 395 \quad [\text{mg/m}^3_{\text{N}}] \quad (20)$$

Abychom naměřené koncentrace mohli porovnat s emisním limitem, je nutno je přepočíst na referenční obsah kyslíku. Pro kapalná paliva je referenční obsah kyslíku 3 %.

Výpočet se provede dle vzorce (5):

$$C_{CO,ref}^s = C_{N,CO}^s \cdot \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mer}} = 40 \cdot \frac{21 - 3}{21 - 5,6} = 47 \quad [\text{mg}/\text{m}_N^3] \quad (21)$$

$$C_{NOx,ref}^s = C_{N,NOx}^s \cdot \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mer}} = 285 \cdot \frac{21 - 3}{21 - 5,6} = 333 \quad [\text{mg}/\text{m}_N^3] \quad (22)$$

$$C_{SO_2,ref}^s = C_{N,SO_2}^s \cdot \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mer}} = 394,7 \cdot \frac{21 - 3}{21 - 5,6} = 461 \quad [\text{mg}/\text{m}_N^3] \quad (23)$$

Emisní limit pro stacionární spalovací zdroje je splněn, jestliže žádná z průměrných 30-ti minutových hodnot nepřekročí 120 % hodnoty EL a zároveň průměr výsledků jednotlivých měření za celé jednorázové měření emisí je menší nebo roven hodnotě EL.

SEL pro CO = 175 mg/m³_N => 47 < 210 [mg/m³_N] EL splněn

SEL pro NO_x = 450 mg/m³_N => 333 < 540 [mg/m³_N] EL splněn

SEL pro SO₂ = 1 700 mg/m³_N => 461 < 2 040 [mg/m³_N] EL splněn

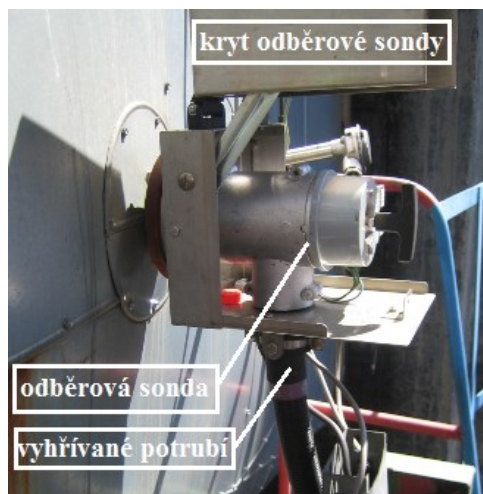
| Kotel K 4 | | Průměrné hodnoty ze 30-ti minutových intervalů | | | | Koncentrace přepočteny na 3 % O ₂ , suchý plyn, normální podmínky | | |
|-------------------------|-------------|--|-----------------|-----------------|----------------|--|-----------------|-----------------|
| čas | | CO | NO _x | SO ₂ | O ₂ | CO | NO _x | SO ₂ |
| od | do | [ppm] | | | [%] | [mg.Nm ⁻³] | | |
| 9:00 | 9:30 | 32 | 139 | 138 | 5,6 | 47 | 333 | 461 |
| 9:30 | 10:00 | 40 | 137 | 139 | 4,7 | 55 | 310 | 439 |
| 10:00 | 10:30 | 54 | 139 | 138 | 4,2 | 72 | 305 | 423 |
| 10:30 | 11:00 | 45 | 131 | 133 | 4,8 | 63 | 298 | 423 |
| 11:00 | 11:30 | 33 | 135 | 131 | 5,1 | 47 | 313 | 424 |
| 11:30 | 12:00 | 33 | 138 | 131 | 5,3 | 47 | 324 | 430 |
| 12:00 | 12:30 | 32 | 138 | 134 | 4,9 | 45 | 316 | 429 |
| 12:30 | 13:00 | 40 | 142 | 134 | 5,4 | 58 | 336 | 442 |
| 13:00 | 13:30 | 37 | 140 | 147 | 5,1 | 52 | 325 | 476 |
| 13:30 | 14:00 | 53 | 141 | 155 | 4,6 | 73 | 317 | 487 |
| 14:00 | 14:30 | 49 | 137 | 165 | 4,0 | 65 | 297 | 500 |
| 14:30 | 15:00 | 51 | 136 | 152 | 4,6 | 70 | 306 | 477 |
| Průměrné hodnoty | | 42 | 138 | 141 | 4,86 | 58 | 315 | 451 |
| Porovnání s EL | | < 175 < 450 < 1 700 | | | | | | |

Tabulka č. 5.2: Naměřené koncentrace plynných emisí na výstupu z kotle K 4

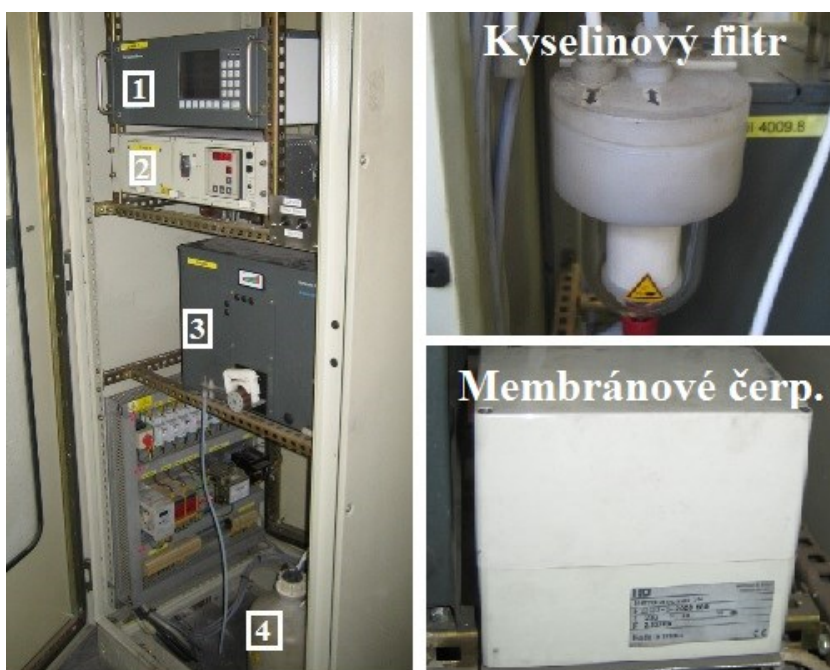
Žádná průměrná půlhodinová hodnota nepřekračuje 120 % EL a průměrné hodnoty celého měření nepřekračují EL => koncentrace plynných emisí na výstupu z kotle K 4 jsou v souladu s legislativou (zdroj EL: vyhláška č. 415/2012, příloha č. 2, tabulka 3).

5.3 DEZA, a.s. – dopalovna

Tato podkapitola obsahuje pouze praktickou ukázkou monitorovacího systému bez naměřených hodnot. DEZA, a.s. – dopalovna spaluje koncový plyn, který vzniká při výrobě sazí. Tento plyn je kupován od dodavatele CS Cabot, jenž sídlí v areálu firmy DEZA, a.s. Stabilizaci hoření zajišťuje zemní plyn. Kontinuální monitorovací systém je zde, jako u předchozích případů, extraktivní nezřed'ovací a zajišťuje jej firma TESO – technické služby ochrany ovzduší Ostrava.



Obr. č. 5.8: Umístění odběrové sondy v kouřovodu (dopalovna)



1-Analyzátor URAS 14 E, 2-Konvertor
NO₂ - NO, 3-Kompresorová chladnička,
4-Sběrná nádoba kondenzátu

Obr. č. 5.9: Jednotlivé prvky skříně analyzátoru URAS 14 E (dopalovna)

Měřicí okruh začíná u odběrového místa (obr. č. 5.8). Odebraný vzorek je veden vyhřívaným potrubím k vytápěnému rozdělovači, kde část vzorku je vedena do procesního vlhkoměru HYGROPHIL H 4230 a druhá část k sestavě čistícího a filtračního zařízení. Dále do konvertoru NO₂-NO a následně do analyzátoru URAS 14 E (viz obr. č. 5.9).

Kvůli zvýšenému obsahu vodní páry ve spalínách je do řetězce také zařazen přídavný separátor vlhkosti (obr. č. 5.10).



Obr. č. 5.10: Přídavný separátor vlhkosti

Výstupní data jsou vedeny na datové sběrnice systému STONE BASE, které shromažďují měřená data, zpracovávají je a odesílají do PC (obr. č. 5.11).



Obr. č. 5.11: Vyhodnocení kontinuálního měření DEZA, a.s. (dopalovna)

6. Závěr

Bakalářská práce se zabývala problematikou emisního monitoringu. V úvodní části práce bylo hlavním cílem vypracovat studii týkající se legislativy ochrany ovzduší. Nejdůležitějším zdrojem informací byly dva základní nástroje legislativy ochrany ovzduší a to zákon č. 201/2012 a vyhláška č. 415/2012. Na ochranu ovzduší je stále vyvíjen větší nátlak. Při hlubším prozkoumání této legislativy lze zjistit, že se neustále zpřísňují emisní limity a s každým dalším rokem stoupají poplatky za vypouštěné znečišťující látky. Všechna tato opatření mohou znamenat určitý problém pro provozovatele starších spalovacích stacionárních zdrojů, jelikož je možnost, že nebudou v následujících letech splňovat emisní limity.

V další části jsou rozebrány jednotlivé kontinuální monitorovací systémy. V ČR je nejpoužívanější systém extraktivní nezřed'ovací. Jedná se o systém, který používá většina tepelných elektráren. Pro změnu v USA jsou častěji používané zřed'ovací systémy. Dále se práce zaměřila také na systémy in-situ, které jsou umístěny přímo v kouřovodu a používají se převážně na určení koncentrace tuhých znečišťujících látek. Kromě popisu jednotlivých systému jsou zde také rozebrány jednotlivé prvky nezřed'ovacího systému.

Znalost legislativy ochrany ovzduší a principů jednotlivých monitorovacích systémů byla nezbytná pro vypracování závěrečné části věnované praktické aplikaci kontinuálního monitoringu ve vybraných energetických podnicích. Jednalo se o Elektrárnu Třebovice a společnost DEZA, a.s. (teplárna a dopalovna). Zde byly podrobně poznány prvky jednotlivých systémů vč. jejich specifikací. Hlavním cílem praktické části bylo ověření získaných hodnot. Jako podklad pro přepočet posloužila získaná data naměřených koncentrací (v ppm) z analyzátorů plyných emisí. Přepočty se prováděly pro kotle K 13 (Elektrárna Třebovice) a K 4 (DEZA, a. s. – teplárna). Přepočty ukázaly, že koncentrace plyných škodlivin nepřekročily emisní limity a tudíž je provoz daných zařízení v souladu s legislativou ČR.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Tomáši Výtiskovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce.

Seznam použitých pramenů

- [1] RAJNIAK, Ivan. *Tepelno-energetické a emisné merania*. Bratislava: Ister Science, 1997. ISBN 80-88683-20-3.
- [2] Zákon MŽP ČR č. 201/2012 Sb. O ochraně ovzduší.
- [3] Ing. Zbyněk Krayzel. *Poradenství v ochraně ovzduší* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://www.krayzel.cz/wp-content/uploads/PRED_Zakon-201_2012-plna-verze-k-27.01.2014.pdf
- [4] ENVI profi. [online]. [cit. 2015-01-24]. Dostupné z: <http://www.enviprofi.cz/>
- [5] Vyhláška MŽP ČR č. 415/2012 Sb. O přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.
- [6] Ringelmannova stupnice. *Agrobiomasa* [online]. [cit. 2015-01-24]. Dostupné z: <http://www.agrobiomasa.sk/index.php?s=7.1.3>
- [7] VÝTISK, Tomáš. *Vývoj aparatury pro síťovou kontinuální analýzu vybraných složek spalín*. Ostrava, 2010. Disertační práce. VŠB-Technická univerzita, Fakulta strojní, Katedra energetiky.
- [8] IRZ. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/instrumentace_mereni_emisi.pdf
- [9] BARTOVSKÝ, Tomáš. *Analyzátory emisí*. Praha: VUSTE SERVIS s.p., 1994.
- [10] Schéma extraktivního a in-situ systému. *The magazine from sick* [online]. © 2015 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.sickinsight-online.com/safe-and-clean-in-situ-and-extractive-emission-monitoring/>
- [11] OCHODEK, Tadeáš. *Technik měření emisí*. Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0354-2. Skripta. VŠB-Technická univerzita.
- [12] Chladič měřeného plynu MGK 741. *Pronova* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.pronova.de/en/content/pmgk-741-sample-gas-coolerp-0/>
- [13] Schéma membránového čerpadla. *E-AMOS - výukový systém* [online]. © 2002-2015 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.eamos.cz/>

Seznam obrázků

- Obr. č. 2.1: Schéma rozdělení stacionárních zdrojů [2]
- Obr. č. 2.2: Schéma rozdělení emisních limitů [2]
- Obr. č. 2.3: Ringelmannova stupnice [6]
- Obr. č. 3.1: Schéma extraktivního nezřed'ovacího systému [7]
- Obr. č. 3.2: Schéma suchého extraktivního zřed'ovacího systému [7]
- Obr. č. 3.3: Schéma vlhkého extraktivního zřed'ovacího systému [7]
- Obr. č. 3.4: Absorpční spektra některých plynů v UV oblasti [9]
- Obr. č. 3.5: Funkční schéma nedisperzního UV analyzátoru (NDUV) [1]
- Obr. č. 3.6: Příklad použití technologie in-situ [10]
- Obr. č. 3.7: Příklad použití technologie extraktivního odběru [10]
- Obr. č. 3.8: Sonda pro odběr kouřových plynů [11]
- Obr. č. 3.9: Chladič měřeného plynu MGK 741 založený na Peltierově jevu [12]
- Obr. č. 3.10: Schéma membránového čerpadla [13]
- Obr. č. 4.1: Aparatura pro kontinuální analýzu plynných složek spalín [7]
- Obr. č. 5.1: Umístění odběrové sondy ABB PFE3 v kouřovodu
- Obr. č. 5.2: Skříň analyzátoru
- Obr. č. 5.3: Jednotlivé prvky skříně analyzátoru
- Obr. č. 5.4: Schéma vzduch-spaliny vč. vyhodnocení kontinuálního měření
- Obr. č. 5.5: Umístění odběrové sondy v kouřovodu (teplárna)
- Obr. č. 5.6: Jednotlivé prvky skříně analyzátoru URAS 14 E (teplárna)
- Obr. č. 5.7: Vyhodnocení kontinuálního měření DEZA, a.s. (teplárna)
- Obr. č. 5.8: Umístění odběrové sondy v kouřovodu (dopalovna)
- Obr. č. 5.9: Jednotlivé prvky skříně analyzátoru URAS 14 E (dopalovna)
- Obr. č. 5.10: Přídavný separátor vlhkosti
- Obr. č. 5.11: Vyhodnocení kontinuálního měření DEZA, a.s. (dopalovna)

Seznam tabulek

Tabulka č. 2.1: Znečišťující látky, které podléhají zpoplatnění a sazby poplatků za znečišťování v jednotlivých letech (v Kč/t) [2]

Tabulka č. 2.2: Znečišťující látky a jejich minimální limity pro kontinuální monitoring [5]

Tabulka č. 5.1: Naměřené koncentrace plynných emisí na výstupu z kotle K 13

Tabulka č. 5.2: Naměřené koncentrace plynných emisí na výstupu z kotle K 4

Seznam příloh

Příloha č. 1: Výkres sestavy skříně analyzátoru

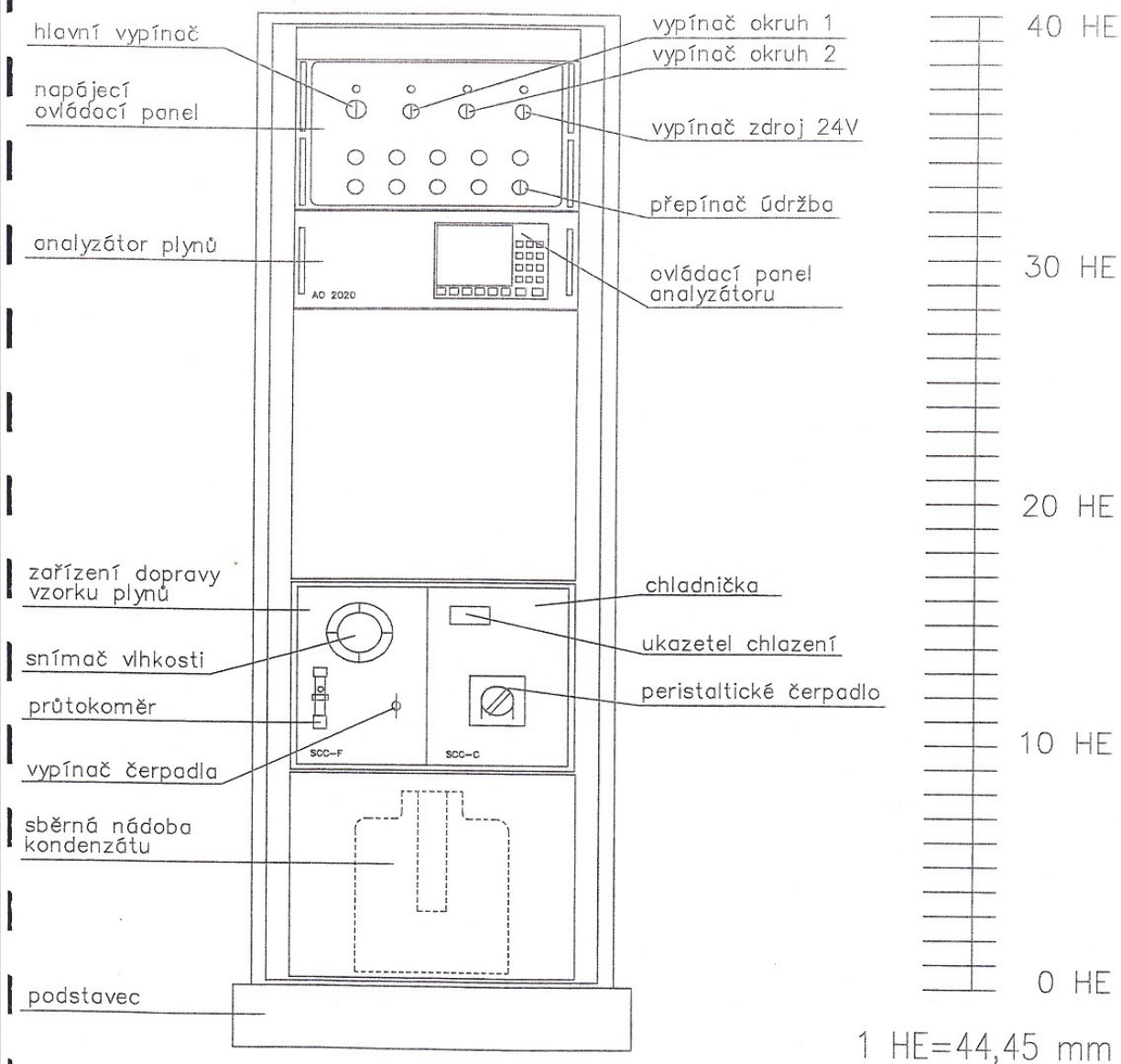
Příloha č. 2: Technická specifikace Advance SCC-C


Příloha č. 3: Technická specifikace Advance SCC-F

Příloha č. 4: Seznam měřících rozsahů analyzátoru

Příloha č. 5: Schéma vzduch-spaliny

Příloha č. 1: Výkres sestavy skříně analyzátoru



| | | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------|
| ORGREZ, a.s.  710 00 Ostrava 5200 | Vypracoval: Ing. Paulíny | Změna: | Č. výkresu: 58004-18 |
| | Kreslil: Ing. Paulíny | | Datum: 02/2008 |
| | Schválil: Ing. Lojkásek | | Sebor: 58004_06.dwg |
| | Funkční celek: ETB - Analyzační technika KME K13 | Název výkresu: Skříň analyzátoru SA13 | |

Příloha č. 2: Technická specifikace Advance SCC-C

Technická specifikace

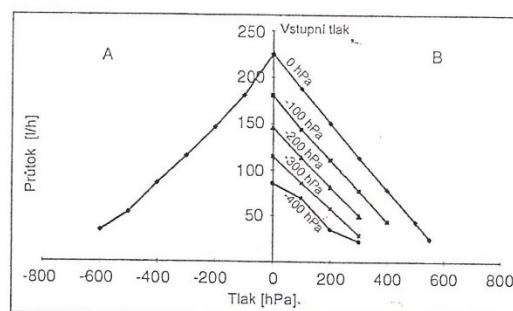
| Podmínky na vstupu plynu | Tlak plynu | Tlak plynu p_{abs} | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|---|-------------------|--------|-------|------|-------|--------|------|-------|--------|------------|-------|
| | | Materiál výměníku tepla | s perist.pumpou bez pumpy | | | | | | | | | | | |
| | | Sklo | 50...200 kPa (0,5...2,0 bar) 50...150 kPa (0,5...1,5 bar) | | | | | | | | | | | |
| | | PVDV | 50...250 kPa (0,5...2,5 bar) 50...150 kPa (0,5...1,5 bar) | | | | | | | | | | | |
| | | Nerez ocel | 0,05...1 MPa (0,5...10 bar) | | | | | | | | | | | |
| | Průtok plynu | 1 x 250 l/h (WT250) nebo 1 x 125 l/h (WT125) nebo 2 x 125 l/h , za předpokladu tlaku plynu $p_{abs} = 100$ kPa (1 bar) a 20 °C. | | | | | | | | | | | | |
| | Teplota na vstupu plynu | 140 °C | | | | | | | | | | | | |
| | Rosný bod na vstupu plynu | 70 °C, max. 60 °C pro WT250, kde průtok plynu je > 200 l/h | | | | | | | | | | | | |
| Provozní specifikace | Teplota plynu na výstupu | Z výroby nastavená na + 3°C | | | | | | | | | | | | |
| | Stabilita rosného bodu | $\leq \pm 0,3$ °C při změně teploty o 10 °C $\leq \pm 0,3$ °C při změně průtoku o 10 l/h | | | | | | | | | | | | |
| | Celkový chladicí výkon | 40 W (při +10...+50 °C) | | | | | | | | | | | | |
| | Doba náběhu | cca. 15 min. | | | | | | | | | | | | |
| | Tlakový spád na výměníku tepla | cca. 1 hPa (1 mbar) cca. 4...8 hPa (4...8 mbar) pro WT125 | | | | | | | | | | | | |
| | Celkový objem výměníku tepla | <table><tr><th>Materiál výměníku</th><th>WT 125</th><th>WT250</th></tr><tr><td>Sklo</td><td>40 ml</td><td>140 ml</td></tr><tr><td>PVDV</td><td>25 ml</td><td>100 ml</td></tr><tr><td>Nerez ocel</td><td>30 ml</td><td>100 ml</td></tr></table> | | Materiál výměníku | WT 125 | WT250 | Sklo | 40 ml | 140 ml | PVDV | 25 ml | 100 ml | Nerez ocel | 30 ml |
| Materiál výměníku | WT 125 | WT250 | | | | | | | | | | | | |
| Sklo | 40 ml | 140 ml | | | | | | | | | | | | |
| PVDV | 25 ml | 100 ml | | | | | | | | | | | | |
| Nerez ocel | 30 ml | 100 ml | | | | | | | | | | | | |
| | Plynová těsnost | 5 x 10 ⁻⁶ hPa l/s | | | | | | | | | | | | |
| Okolní prostředí | Teplota okolí | Provozní: + 10...+ 50 °C Skladovací a při dopravě: -25...+60 °C | | | | | | | | | | | | |
| | Relativní vlhkost | ≤ 75 % roční průměr, příležitostně slabé orosení dovoleno, $\leq 95\%$ během 30 dní v roce. | | | | | | | | | | | | |

Příloha č. 3: Technická specifikace Advance SCC-F

Technická specifikace

| | | |
|--------------------------|---------------------------|--|
| Podmínky na vstupu plynu | Tlak plynu | Při teplotě na vstupu plynu + 3...+ 50 °C: $p_{abs} = 70...105 \text{ kPa}$ (0,7...1,05 bar) |
| | Průtok plynu | Dopravní cesty plynu 1 a 2 max. 100 l/h, s bypassem max. 150 l/h |
| | Rosný bod na vstupu plynu | Rosný bod plynu musí být nejméně o 5 °C nižší než nejnižší teplota kdekoli na cestě plynu. Není-li tomu tak, pak je potřeba chladič plynu nebo lapač kondenzátu. |

Provozní specifikace Rychlost čerpání



| | | |
|------------------|-------------------|---|
| | Doba náběhu | cca. 10 min. (plus doba náběhu chladiče plynu) |
| | Mrtvý objem | cca. 10 cm ³ (plus mrtvý objem výměníku tepla) |
| | Plynová těsnost | $5 \times 10^{-6} \text{ hPa l/s}$ |
| Okolní prostředí | Teplota okolí | Provozní: + 10...+ 50 °C Skladovací a při dopravě: -25...+60 °C |
| | Relativní vlhkost | ≤ 75 % roční průměr, příležitostně slabé orosení dovoleno, ≤ 95% během 30 dní v roce. |

Příloha č. 4: Seznam měřících rozsahů analyzátoru



Divize monitorovacích systémů



Elektroinstalace, část M a R

Tento soubor popisuje zapojení jednotlivých zařízení pro měření plyných emisí K13 a propojení výstupních signálů na stávající zařízení provozovatele.

Zapojení analogových signálů

Analogové signály z analyzátoru plynů ABB AO 2020 ve skříni SA jsou vyvedeny na výstupní svorkovnici X4. Ze svorkovnice X4 jsou tyto signály propojeny na systém provozovatele.

Analogové výstupy z analyzátoru jsou standardní proudové signály rozsahu 0-20 mA.

Analogový signál z původního prachoměru je veden přes sdružovací skříňku na systém provozovatele.

Analogový signál z původního teploměru spalín je veden přes sdružovací skříňku na systém provozovatele.

Zapojení binárních signálů

Binární signály ze skříně analyzátoru plynů SA jsou vyvedeny na výstupní svorkovnici X5. Ze svorkovnice X5 jsou tyto signály propojeny na stávající zařízení provozovatele původními kabely.

Binární signály z původního prachoměru jsou vedeny přes sdružovací skříňku na systém provozovatele.

Všechny binární stavové signály jsou realizovány jako beznapěťové kontakty, na které je ze strany zařízení provozovatele přiváděno +24V=.

Seznam analogových signálů ze skříně analyzátoru SA

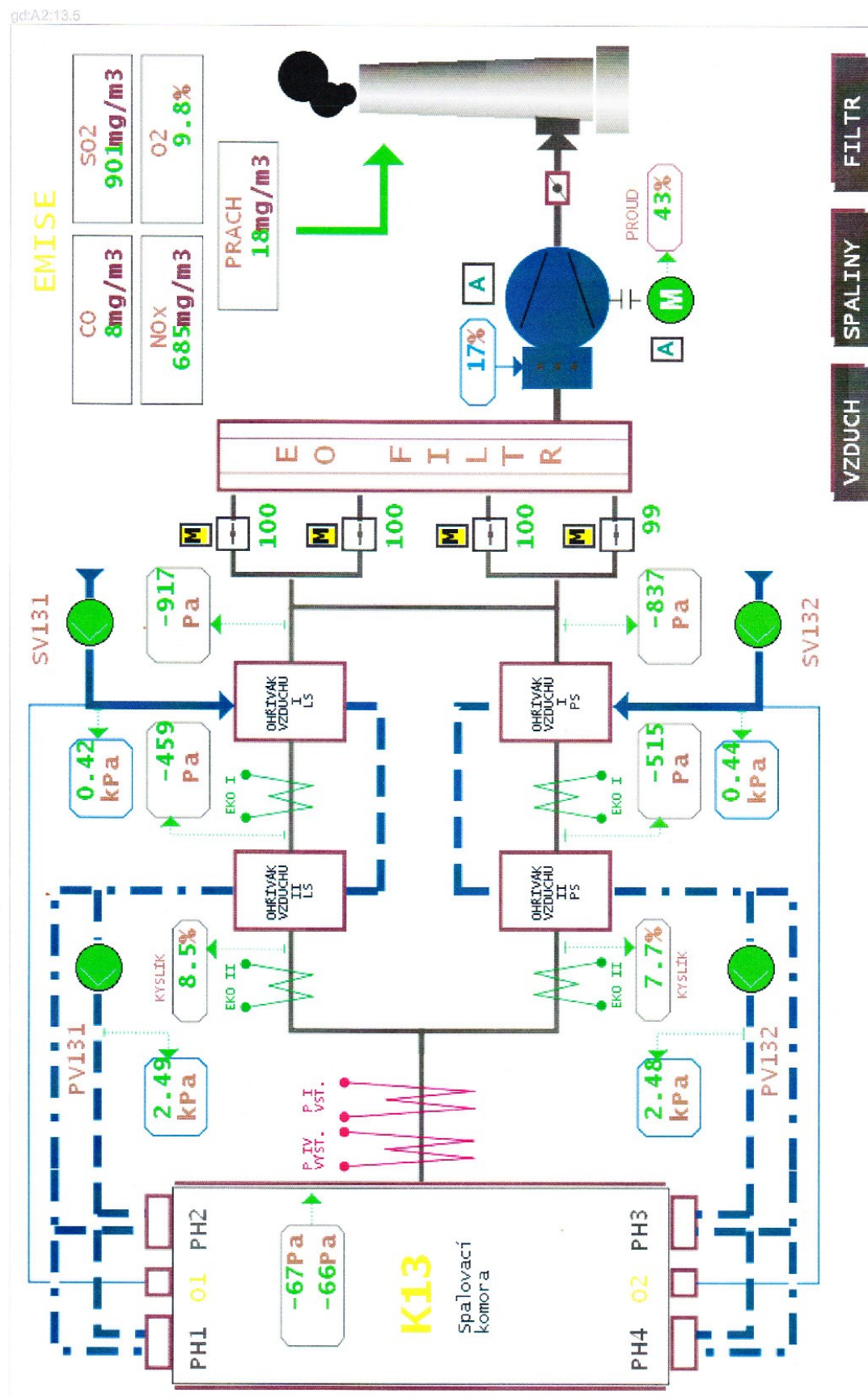
| Veličina | Typ | vst. rozsah | fyz. rozsah | pozn. |
|-----------------------|-----|-------------|--------------|-------|
| konc. SO ₂ | AO | 0-20 mA | 0-1000 ppm | |
| konc. NO | AO | 0-20 mA | 0-1000 ppm | |
| konc. CO | AO | 0-20 mA | 0- 500 ppm | |
| konc. O ₂ | AO | 0-20 mA | 0- 25 obj. % | |

Seznam binárních signálů ze skříně analyzátoru SA

| | | | | |
|------------------------|----|---------|-------------|--|
| porucha sonda | DO | kontakt | 1=porucha | |
| porucha hadice | DO | kontakt | 1=porucha | |
| porucha chladnička | DO | kontakt | 1=porucha | |
| porucha průtok | DO | kontakt | 1=porucha | |
| porucha vlhkost | DO | kontakt | 1=porucha | |
| porucha analyzátor | DO | kontakt | 1=porucha | |
| hladina kondenzátu | DO | kontakt | 1=vysoká | |
| kalibrace plynne emise | DO | kontakt | 1=kalibrace | |
| údržba plynne emise | DO | kontakt | 1=údržba | |

V Ostravě : 02-2008
Vypracoval : Ing. Paulíny

Příloha č. 5: Schéma vzduch-spaliny



13.5

VZDUCH - SPALINY

22.04. 2015 09:52:26